

# Elfogyasztott jövőnk?

Globális környezeti és geopolitikai kihívásaink



Rakonczai János



BUDAPESTI  
**CORVINUS**  
**EGYETEM**



# **Elfogyasztott jövőnk?**

**Globális környezeti és geopolitikai kihívásaink**



# **Corvinus Geographia, Geopolitica, Geoeconomia**

**a Gazdaságföldrajz, Geoökonómia és  
Fenntartható Fejlődés Tanszék könyvsorozata**

Sorozatszerkesztők:  
Salamin Géza – Péti Márton – Jeney László

Rakonczai János

## **Elfogyasztott jövőnk?**

**Globális környezeti és geopolitikai kihívásaink**

Budapesti Corvinus Egyetem

Budapest, 2021

A könyv néhány fejezetének további szerzői:

6.1.2. fejezetben: Tran Quang Hop: Mekong

6.1.6. fejezet: Rakonczai János – Aladaileh, Haitham

12. fejezet: Rakonczai János – Ladányi Zsuzsanna

14. fejezet: Rakonczai János – Ladányi Zsuzsanna – Blanka Viktória – Fehér Zsolt – Kovács Ferenc

15. fejezet: Péti Márton – Salamin Géza

Szakmai lektor:

Kerényi Attila – Kocsis Tamás

Ábraszerkesztés:

Ladányi Zsuzsanna – Blanka Viktória – Rakonczai János

Fotók:

Rakonczai János

A kézirat lezárási dátuma: 2021. február 26.

ISBN 978-963-503-872-5

ISSN 2560-1784

ISBN (e-book) 978-963-503-873-2

A kötet megjelenését a Magyar Nemzeti Bank támogatta



Kiadó: Budapesti Corvinus Egyetem



Nyomdai kivitelezés: CC Printing Kft.

## TARTALOMJEGYZÉK

### ELŐSZÓ

A kiadó előszava .....	11
A szerző előszava .....	12

### BEVEZETÉS

### I. TÉNYEK ÉS GONDOLATOK A GLOBALIZÁCIÓRÓL

1. A globalizáció folyamata .....	21
2. Globalizálódó világgazdaság .....	30
3. A globális problémák felismerése és a világmodellek .....	38

### II. GLOBÁLIS KÖRNYEZETI PROBLÉMÁINK

4. A túlnépesedés és a népesedéssel kapcsolatos egyéb gondok .....	49
4.1. Népeség-növekedés .....	49
4.2. A világ demográfiai megosztottsága .....	58
4.3. Városi és nagyvárosi növekedés .....	60
4.4. Növekvő jövedelmi különbségek az emberek között .....	63
4.5. Fertőző betegségek, járványok .....	66
4.6. Nemzetközi migráció .....	70
5. A globális klímaváltozás és a légkör egyéb környezeti problémái .....	76
5.1. A légkör összetétele, időbeli változása .....	77
5.2. A globális klímaváltozás és annak háttere .....	78
5.2.1. Az üvegházhatás .....	78
5.2.2. A Föld klímájának múltbeli változásai .....	84
5.2.3. A jelenlegi klímaváltozás folyamata, háttere és fontosabb következményei .....	85
Az üvegházhatású gázok szerepe .....	86
Globális melegedés és következményei .....	88
A világtenger savasodása .....	95
Az El Niño .....	96
A Broecker-féle óceáni „szállítószalag” .....	97
Csapadékviszonyok változása .....	100
Sivatagok előretörése .....	101
A vulkánosság szerepe a klímaváltozásban .....	103
5.2.4. Ki vagy mi a felelős? .....	103
5.3. Az ózon probléma .....	110
5.3.1. Az ózon mennyiségi változásainak háttere .....	110
5.3.2. Az ózonlyuk .....	114
5.3.3. Ki a felelős az ózonréteg csökkenésért? .....	121
5.4. Savas esők .....	124

5.5. Légszennyezettség.....	130
5.5.1. Természetes eredetű légszennyezések.....	130
5.5.2. Az antropogén eredetű légszennyezések néhány egészségügyi következménye.....	132
5.5.3. Beltéri légszennyezés .....	135
6. Globális vízproblémák.....	136
6.1. Az édesvíz problémák.....	139
6.1.1. Készletek és felhasználás.....	139
6.1.2. Haldokló nagytavak, szenvedő nagy folyók.....	148
Aral-tó .....	148
A Csád-tó .....	152
Urmia-tó.....	157
Poyang-tó .....	161
A Holt-tenger .....	162
Sárga-folyó .....	166
Colorado-folyó.....	167
Nílus.....	169
Mekong (Lancang), a környezeti csapdák folyója .....	170
6.1.3. Vízátrolók és nagy gátak .....	174
6.1.4. A vízszennyezés, mint vízhasználatot korlátozó tényező .....	175
6.1.5. A vízkrisis jelei .....	179
6.1.6. A vízválság határán egyensúlyozva: Jordánia.....	182
6.1.7. Tengerpartok és szigetek problémája.....	186
6.1.8. Az árvizek gondja .....	188
6.1.9. A vízkonfliktusok, „vízháborúk”.....	190
6.2. A világtenger környezeti problémái .....	192
6.2.1. Túlfalászás.....	193
6.2.2. A világtenger szennyezése .....	197
7. Az erdőirtás, mint globális probléma .....	203
8. A hulladékprobléma .....	211
9. A nem megújuló természeti erőforrások korlátozottsága.....	219
9.1. A kőolaj és a Hubbert-görbe .....	220
9.2. Ritka földfémek .....	228
9.3. A homok.....	231
9.4. Meddig lesz még elegendő nyersanyagunk? .....	233
9.5. A nyersanyagtermelés környezeti ára.....	234
10. Az atomenergia hasznosítása és következményei.....	235
10.1. Az atomenergia polgári célú hasznosítása.....	235
10.2. Nukleáris balesetek .....	238
10.3. A nem polgári hasznosítások és következményeik .....	243
11. A talaj mint véges, de megújuló természeti erőforrás.....	244
12. A biodiverzitás .....	252
12.1. A természetes élővilág biodiverzitásának csökkenése.....	253
12.2. Az ember központi szerepe a biodiverzitás alakításában .....	256

13. A környezeti terhelés mérőszámai.....	258
13.1. Az ökológiai lábnyom .....	258
13.2. Planetáris határok.....	266

### III. A GLOBÁLIS VÁLTOZÁSOK MAGYARORSZÁGI HATÁSAI

14. A globális környezeti változások fontosabb magyarországi hatásai.....	271
14.1. A globális klímaváltozás hazai éghajlati és társadalmi következményei .....	272
14.1.1. Rövid klímátörténeti visszatekintés.....	272
14.1.2. A jelenlegi klímaváltozás hazai fő jellemzői .....	274
Hőmérséklet .....	274
Csapadék .....	275
14.1.3. Az elmúlt évtizedek klímaváltozásának hazai hatásai, következményei .....	277
A talajvíz, a tájak vízforgalmának rejtett tükré.....	278
Talajok változásai .....	281
A vegetáció és a klímaváltozás kapcsolata .....	282
Biomassza.....	282
A táj vegetációjának átalakulása .....	284
14.1.4. Jövőbeli klímánk a hazai klímamodellezés eredményei alapján .....	288
14.1.5. A klímaváltozás néhány gyakorlati következménye .....	291
14.2. A savas esők.....	296
14.3. A globális változások és vizeink környezeti problémái .....	297
14.3.1. Vízkészletek .....	297
14.3.2. Árvizek .....	299
14.3.3. Belvizek.....	301
14.3.4. Vizes élőhelyek.....	302
15. A magyarországi társadalom és gazdaság a globális környezeti problémák tükrében .....	304
15.1. A magyar társadalom és gazdaság a 20. és 21. század fordulóján.....	304
15.2. Fenntarthatóság Magyarországon .....	305
15.3. A környezeti terhelés változásai az elmúlt évtizedekben .....	306
15.4. Globális felelősségünk és globális kiszolgáltatottságunk.....	312
15.5. A népesedés és a magyarországi fenntartható fejlődési törekvések.....	314
15.6. Gondolatok a globálisan beágyazott magyar gazdaság fenntartható mozgásteréről.....	315

### IV. AZ EMBERISÉG VÁLASZAI A KÖRNYEZETI PROBLÉMÁKRA

16. A környezetvédelem, mint új tényező .....	319
17. Mit tud tenni a tudomány? .....	321
18. Mit vállal fel a politika? .....	323
18.1. Környezetvédelmi csúcstalálkozók .....	324
18.1.1. Stockholm 1972 (ENSZ konferencia az emberi környezetről).....	324
18.1.2. Rio de Janeiro 1992 (ENSZ konferencia a környezetről és a fejlődésről) .....	326
18.1.3. A Johannesburgi Konferencia 2002 (ENSZ konferencia a fenntartható fejlődésről) .....	328
18.1.4. Rio de Janeiro 2012 (ENSZ konferencia a fenntartható fejlődésről — Milyen jövőt akarunk?).....	329
18.1.5. New York 2015 (ENSZ konferencia a fenntartható fejlődési célokról).....	330



18.2. A legjelentősebb ágazati környezetvédelmi világkonferenciák, megállapodások.....	332
18.2.1. Az ózon egyezmények és következményeik .....	332
18.2.2. Megállapodások az üvegházhatású gázokról .....	334
18.2.3. Megállapodások a savas esők hatásai ellen.....	344
18.2.4. Fontosabb nemzetközi szerződések a tengeri környezetről .....	347
18.2.5. Nemzetközi megállapodások az édesvízről .....	349
18.2.6. Természetvédelmi egyezmények.....	352
18.2.7. A hulladékokkal kapcsolatos nemzetközi megállapodások.....	353
18.2.8. A nemzetközi egyezmények elfogadottsága .....	354
18.3. A nemzetközi környezetpolitika egyéb lehetőségei .....	356
18.4. Az országok nemzeti környezetpolitikájának jelentősége .....	357
19. A profitéhség és a fogyasztói kultúra csapdái .....	359
19.1. A termelési kényszer .....	359
19.2. A környezetünk kiárusítása.....	360
19.3. A profit fogságában .....	362
20. Hol is tartunk most? .....	363

## **UTÓSZÓ**

Csomagoljunk, vagy maradjunk?.....	371
------------------------------------	-----

<b>FELHASZNÁLT IRODALOM.....</b>	<b>373</b>
----------------------------------	------------

<b>A KÖTET SZERZŐI .....</b>	<b>384</b>
------------------------------	------------



# ELŐSZÓ



## A kiadó előszava

Napjainkban roppant nehéz elképzelni bármilyen, a társadalmi gazdasági fejlődés irányáról, akár az emberiség előtt álló jövőről szóló tudományos diskurzust a környezeti kérdések figyelembevétele nélkül.

A globális környezeti problémák a mai társadalmunkat leginkább befolyásoló jelenségek közé tartoznak, így az azok rendszerszerű áttekintése, a rájuk vonatkozó korunkban rendelkezésre álló tudás megismerése ma már sokak számára nélkülözhetetlennek tekinthető. Jelen kötet legfőbb küldetése, hogy egy pontos, széles körű rendszerszerű áttekintést adjon globális világunk meghatározó problémáiról, a világ legkülönbözőbb térségeiből vett példák bemutatásával.

Rakonczai János munkája a globális modellektől, fejlődési paradigmáktól és magyarázatoktól indulva sorra veszi mindazokat a környezeti problémákat, amelyek káros hatásaival, veszélyeivel az emberiség leginkább küzd, így például a klímaváltozás, a légszennyezés, a hulladékok vagy a nem megújuló, véges erőforrások jelentette kihívásokat. A kötet megközelítésmódjában tükröződik a földrajztudomány térbeliségre törekvő és integrált szemlélete, aminek révén az egyes kihívások nem önmagukban, hanem mindig globális és térbeli összefüggésben kerülnek értelmezésre és a természettudományos és társadalomtudományos karakter ötvöződik.

A szerző kiter azokra a környezetpolitikai eszmékre, lépésekre és intézményekre is, amelyekkel az emberiség a saját sorsát leginkább befolyásoló természeti folyamatokra igyekszik reagálni.

A könyv konklúziói nem tükröznek egyértelmű derűlátást, ugyanakkor túlzott pesszimizmusra sem adnak okot a jövőt illetően. Sokkal inkább az a céljuk, hogy felhívják az olvasó figyelmét a globális környezeti kihívásokra és az azokra adható válaszok komplexitására, a problémák egymással, valamint a gazdasági és társadalmi struktúrákkal való összefüggéseire.

A Budapesti Corvinus Egyetem Gazdaságföldrajz, Geoökonómia és Fenntartható Fejlődés Tanszéke legfőbb küldetésének tekinti a fenntarthatóság társadalomtudományi alapú vizsgálatát és annak oktatását, jelen kötet pedig – részben felsőoktatásban használt tankönyvként – igazán széles közönséghez juthat el, terjesztve ezáltal ezt a komplex szemléletmódot.

Büszkén és nagy örömmel ajánljuk tehát tanszékünk külső munkatársa, Rakonczai János hiánypótló munkáját az egyetemi hallgatók és oktatók, a szakemberek és a szélesebb közönség figyelmébe, amely minden bizonnyal hozzájárul az olvasó globális ismereteinek bővítéséhez.

Dr. Salamin Géza  
intézetvezető egyetemi docens  
Budapesti Corvinus Egyetem

Nemzetközi, Politikai és Regionális Tanulmányok Intézete  
Gazdaságföldrajz, Geoökonómia és Fenntartható Fejlődés Tanszék

## A szerző előszava

### Tisztelt Olvasó!

Bár jelen könyvünk jelentős részben a 2018-ban megjelent „*Global and Geopolitical Environmental Challenges*” című könyvem alapul több fejezettel bővítve, mégis fontosnak éreztem, hogy születésének folyamatába beavassam Önöket. Ennek jelentős részben a Covid-járvány globalizációra gyakorolt hatása az oka. Ennek során mindenki megtapasztalhatta saját életében, milyen szerteágazó következményei vannak a globalizációnak, és milyen gyorsan változhat a körülöttünk levő világ.

A globális környezeti problémák témájában írt első publikációm egy társszerzős egyetemi jegyzet volt 1996-ban, aminek szakmai háttérét – az online források hiányában – jellemzően több évvel korábban született könyvek, szakcikkek adták (később kiderült nem egy esetben pontatlanságaikkal). A 2003-ban született első könyvem (*Globális környezeti problémák*) készítése során már – a közben lezajlott „informatikai forradalomnak” köszönhetően – komoly mértékben sikerült az internetes forrásokat használni. Így az akkor elérhető legfrissebb adatokra támaszkodva egy új lehetőség nyílt a globalizációs folyamatok követésére. Bár ekkor is adódtak nehézségek, nehezen felderíthető ellentmondások (az egyik legemlékezetesebb a Földünk erdőterületeinek változása során tapasztalt „furcsaság” – erről az aktuális fejezetben írok), mégis úgy érezhettük, hogy napjainkról hiteles képet tudunk adni. De már ennek a könyvnek a bevezetőjében is felhívtam a figyelmet, hogy az új információszerezési lehetőséget kihasználva mindenki igény szerint folyamatosan aktualizálhatja az egyes témákat.

Amikor öt évvel később, 2008 nyarán elkészítettem a korábbi könyv átstrukturált, megújult változatát (*Globális környezeti kihívásaink*), az utolsó pillanatban még két fejezetet is érdemben át kellett írni – az éppen akkor aktuális, lényeges változások miatt (pl. az olajár gyors emelkedése és hirtelen zuhanása, vagy az általam kritizált „*Living planet report*” egyik fejezete miatt, ugyanis az akkor frissen közzétett változata, már nem tartalmazta a kifogásolt részt). Itt szerencsém volt a könyv nyomdába adásának idejével.

Amikor tíz évvel később felkérést kaptam a Budapesti Corvinus Egyetemtől az aktualizált, de angol nyelvű könyv elkészítésére, azt hittem könnyű dolgom lesz. Egyetemi oktatóként folyamatosan aktualizáltam az egyes témákat, és úgy gondoltam a könyv megújítása nagyobb részben majd az adatok frissítésével megvalósítható. Nagyot tévedtem. Rá kellett jönnöm, hogy több mint húsz év ismeretanyaga alapján tartozom annnyival az olvasónak (és magamnak), hogy határozottabban véleményt nyilvánítsak – de csak szigorúan a tényekre alapozva. Ehhez sok új adatbázis, tudományos cikk jó

háttérrel biztosított. (Miótán az angol változatot nem csak hazai olvasóknak szántuk, abból a magyarországi vonatkozásokat is kihagytuk.)

Az angol nyelvű könyv kedvező visszhangja nyomán fogalmazódott meg az igény, hogy készüljön el a magyar nyelvű, tartalmilag is bővített változat. Így jelen könyvünk nagyobb részben saját kutatásaink alapján elkészített magyarországi fejezetet (benne a gyakorlat számára is fontos megállapításokat) is tartalmaz, de például több alfejezettel bővült az aktuális vízproblémákat bemutató fejezet is (bevonva néhány fiatal kollégát). Bár a könyv 2020 januárjára elkészült, az e-bookként tervezett megjelenítése néhány technikai probléma miatt csúszott, így jelenleg már a koronavírus világjárvány fontosabb hatásaira is utalni tudunk. (Az elmúlt egy év alatt – lényeges friss információk miatt – négyszer „aktualizáltam” a kötetet, és jórészt nem a járvány miatt.)

A korábbi könyvekben számos példát hoztam a globalizáció következményeire, és mindig felhívtam a figyelmet az ismeretek aktualizálásának fontosságára, de a Covid-járvány minden elképzelésünket alaposan megváltoztatott. Kezdetekben még csupán a korábbi járványos fertőzések újabb formájaként tekintettünk rá, bár Kína drasztikus járványkezelési intézkedései már elgondolkodtatóak voltak. A globális mozgásszabadság következményeként azonban néhány hónap alatt olyan változások következtek be, amire aligha gondolt valaki korábban. Az internetes képek, videók katasztrófafilmeket meghazudtoló történeteket osztottak meg a világgal, összezuhant a légiközlekedés, a turizmus és a vendéglátás, az országok bezárkóztak (sokkal jobban, mint a hidegháború legrosszabb időszakaiban), a gazdaság szinte mindenütt jelentősen visszaesett, az olaj ára elképzelhetetlen mélypontra került (rövid időre lokálisan negatívvá is vált), stb. Mindezzel párhuzamosan mindenki a sokak által (esetenként joggal) elmarasztalt gyógyszeripartól várja a csodát. Sikeres vakcinák nélkül aligha áll vissza a „világ korábbi rendje”, de még azokkal is kérdéses, hogy mikorra heveri ki a világ a váratlan traumát. Egy vírus, amelynek halálozási aránya jóval kisebb, mint a tíz évvel korábbi H1N1-volt, vagy az utóbbi időkben is lokálisan megjelenő ebola, kevesebb halálos áldozattal jár, mint a dohányzás vagy az elhízás évente, mégis képes volt megváltoztatni a világot. A Covid kezelése, terjedése megmutatta a környezetpolitikák/politikák gyengeségeit, a globális társadalmi és környezeti problémák (pl. szegénység, kiszolgáltatottság vagy az infrastrukturális helyzet) – könyvünkben sokoldalúan bemutatott – következményeit. Ugyanakkor felhívja a figyelmet a tudomány fontosságára, a globális együttműködések jelentőségére. A vírus „görbe tükröt” mutat az emberiségnél, hiszen miközben például a Mars vagy a Hold meghódítására készülünk, egy újszerűen viselkedő vírus képes alapjaiban felforgatni a dolgok korábbi menetét országhatároktól, gazdasági fejlettségtől függetlenül.





## BEVEZETÉS





A globalizáció, a hozzá kapcsolódó gazdasági, társadalmi, politikai és környezeti következmények feldolgoása napjaink egyik legnagyobb legnehezebb kihívása. Bár szinte mindenkinek van tapasztalata az egyre gyorsuló folyamatról, annak lényegi vonásairól gyökeresen különböző vélemények fogalmazódnak meg aszerint, hogy ki milyen egyéni helyzetből illetve milyen szempontból közelít a témához. Jelen könyvünkben elsősorban a globalizáció környezeti következményeit kíséreljük meg összegezni, de nem kerülhetjük meg, hogy ezek társadalmi hatásait is értékeljük. A globalizációval kapcsolatosan felmerülő problémák ugyanis első megközelítésben társadalmi-gazdasági jellegűek, hatásaikban, kapcsolatrendszerükben azonban szinte minden esetben környezeti problémaként is megjelennek. Az is nyilvánvaló, hogy a globális környezeti problémák csak társadalmi-gazdasági oldalról megközelítve oldhatók meg eredményesen.

Mindennapi életünkben nagyon vegyesen élhetjük át a körülöttünk gyorsan változó világ rövid és hosszú távú következményeit. A Földünk lakosságának döntő része jobban és lényegesen tovább él, mint a korábbi évszázadokban, ugyanakkor a médiákon keresztül szinte minden nap az életünket, életminőségünket veszélyeztető hírekkel szembesülünk. Ha kirekeszthetnénk életünkéből ezeket a híreket (például: katasztrófák, terrorcselekmények, lokális háborúk, migráns válság, járványok, stb.) általában elég jól elégednénk. A növekvő élettartam, a bővülő fogyasztás, vagy a fejlett országokban látványosan javuló környezeti állapot nyomán könnyen megfedkezünk arról, hogy ennek mi a környezeti ára. Pedig még a rohanó világunkban is fel kellene figyelnünk olyan neves gondolkodók szavaira, mint Ferenc pápa, vagy a 2018-ban elhunyt nagy fizikus Stephen Hawking. A pápa 2015-ben kiadott enciklikája<sup>1</sup> korunk számos környezeti problémájára hívja fel a figyelmet (1. ábra), Hawking pedig egy évvel a halála előtt úgy fogalmazott, hogy nagyjából száz éven belül meg kell kezdenünk egy új bolygó benépesítését, ha azt szeretnénk, hogy az emberi faj túléljen. Ha ezek a figyelmeztetések nem elegendők arra, hogy elgondolkodjunk a Földünk környezeti válságán, akkor érdemes néhány percre belepillantnunk egy olyan fotóalbumba<sup>2</sup> is, ami szembesít bennünket azzal, mit tettünk a környezetünkkel.

Az elmúlt két évtized látványosan bizonyította, hogy a megismerés folyamata és lehetősége rohamléptekkel halad előre. A globalizáció egyik nagy vívmánya, az internet ma már szinte bárki számára lehetővé teszi, hogy a legfrissebb eseményekről tájékozódjon, aktuális adatokhoz jusson hozzá. Ezt kihasználva *szeretnénk bevonni a Tisztelt Olvasót is a közös gondolkodásba!* Ennek érdekében a könyvekben szokásosnál több helyen tettünk internetes hivatkozásokat, az Olvasóra bízva azt, hogy adott

<sup>1</sup> [http://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco\\_20150524\\_enciclica-laudato-si\\_en.pdf](http://w2.vatican.va/content/dam/francesco/pdf/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si_en.pdf)

<sup>2</sup> <https://populationspeakout.org/the-book/view-book/>

esetben aktualizálja a könyv anyagát, vagy részletesebben tájékozódni tudjon egy-egy, számára érdekesebb kérdésben.<sup>3</sup>

A könyv készítése során a lényegi összefüggéseket kíséreltük meg bemutatni. Néhány esetben adathiány, máskor pedig adatbőség nehezítette a munkánkat (pl. hitel-esnek tekinthető forrás esetén is ellentmondásos adatok, vagy az adatgyűjtés metodikájának változása). Gondot jelentett néha az is, hogy mérlegelni kellett az interneten keresztül elérhető információk megbízhatóságát. A szakanyagokat a világ sok táján szerzett személyes tapasztalatokkal is kiegészítettük. Könyvünkben arra törekedtünk, hogy a legmegbízhatóbban tájékoztassuk az Olvasót, de fontosnak tartjuk felhívni a figyelmet arra, hogy *ki-ki saját maga is kísérelje meg levonni a tanulságokat*, és a mindennapok során birtokába kerülő *aktuális információk alapján önállóan is formáljon véleményt*.

CHAPTER ONE		
WHAT IS HAPPENING TO OUR COMMON HOME [17-61]		
I. POLLUTION AND CLIMATE CHANGE [20-26]	16	
<i>Pollution, waste and the throwaway culture</i> [20-22]	16	
<i>Climate as a common good</i> [23-26]	18	
II. THE ISSUE OF WATER [27-31]	22	
III. LOSS OF BIODIVERSITY [32-42]	24	
IV. DECLINE IN THE QUALITY OF HUMAN LIFE AND THE BREAKDOWN OF SOCIETY [43-47]	31	
V. GLOBAL INEQUALITY [48-52]	33	
VI. WEAK RESPONSES [53-59]	39	
VII. A VARIETY OF OPINIONS [60-61]	43	
CHAPTER THREE		
THE HUMAN ROOTS OF THE ECOLOGICAL CRISIS [101-136]		
I. TECHNOLOGY: CREATIVITY AND POWER [102-105]	75	
II. THE GLOBALIZATION OF THE TECHNOCRA- TIC PARADIGM [106-114]	78	
III. THE CRISIS AND EFFECTS OF MODERN ANTHROPOCENTRISM [115-136]	86	
<i>Practical relativism</i> [122-123]	90	
<i>The need to protect employment</i> [124-129]	92	
<i>New biological technologies</i> [130-136]	96	
CHAPTER FOUR		
INTEGRAL ECOLOGY [137-162]		
I. ENVIRONMENTAL, ECONOMIC AND SOCIAL ECOLOGY [138-142]	103	
II. CULTURAL ECOLOGY [143-146]	107	
III. ECOLOGY OF DAILY LIFE [147-155]	110	
IV. THE PRINCIPLE OF THE COMMON GOOD [156-158]	116	
V. JUSTICE BETWEEN THE GENERATIONS [159-162]	118	

1. ábra. Ferenc pápa 2015-ben közzétett,  
környezetünkről szóló enciklikája *tartalomjegyzékének két részlete*

<sup>3</sup> Előfordulhat, hogy könyvünk digitális változatánál sem elegendő a hivatkozásra kattintani, hanem be kell azt a böngészőbe másolni (!), de sajnos az is megtörténhet, hogy idővel a ma még elérhető internetes források címei megszűnnek, esetleg megváltoznak.



# **I. TÉNYEK ÉS GONDOLATOK A GLOBALIZÁCIÓRÓL**



# 1. A globalizáció folyamata

A globalizációt sokan 20. század végi jelenségnek tartják, valójában azonban csak új fogalom, de nem új jelenség. Korábban annyira más volt a tartalma, hogy ténye alig tudatosult bennünk, és lényegesen más volt a sebessége is. A globalizáció kezdetei legalább a nagy földrajzi felfedezésekig nyúlnak vissza, s benne hosszú időn keresztül a nyersanyag- és árucseré dominált, az információáramlás jelentősége pedig sokáig háttérbe szorult. A globalizációs folyamatban állandóan változtak a hangsúlyok: volt, amikor a vallás, volt, amikor a kultúra, a tudomány kapott meghatározó szerepet, az utóbbi évszázadban a gazdaság. A gazdaság mellé a 20. század utolsó harmadában „bekényszerült” a környezet, majd berobbant az informatika, és egyre inkább úgy tűnik, hogy már az „előszobában toporog” a politika is. Életünkben akaratlanul is egyre meghatározóbb szerephez jutnak a tőlünk alig függő események, folyamatok – gondolhatunk itt a változó energiaárakra, a határokat nem ismerő környezeti ártalmakra, vagy a több ezer kilométerre megszületett döntésekre egy-egy gyár telepítéséről, bezárásáról, de akár a Földünk távoli részén kialakult járványokra.

Lényeges új eleme a változásoknak, hogy a még ma is domináló gazdaság képviselőinek rá kellett döbbernienie, hogy *megváltozott a kapcsolat a globális ökonomia és a globális ökológia között*. Amíg néhány évtizede még (a környezeti problémák felismerését követően) a gazdasági fejlődés környezetre gyakorolt hatásai miatt aggódtunk, addig ma az ökológiai stressz miatt fellépő gazdasági-társadalmi hatások megoldására is figyelniünk kell. De ugyanígy, amíg a közelmúltban az országok kereskedelmi függése volt a meghatározó, addig ma egyre inkább a kölcsönös környezeti függőség is komoly gondot jelenthet (pl. globális melegeedés, regionális léptékű szennyezések, járványos betegségek terjedése).

Mi az, ami mégis új a globalizációban, ami miatt azt hisszük, hogy ez egy új jelenség? Ezt a folyamatot leginkább *globalizációs robbanás*nak nevezhetjük, s időpontját is elég jól meghatározhatjuk: az 1980-as évtized vége táján kezdődött. A kelet-európai rendszerváltozások, a Szovjetunió szétesése, a kétpólusú világpolitika vége alapvető politikai és gazdasági változásoknak nyitott kaput: megindult egy technológiai liberalizáció (az ún. COCOM-lista megszüntetésével megnyílt a modern technika piaca), felgyorsult a tőkemozgás. Ezzel egy időben azonban – a fejlett országok által generáltnak – lezajlott egy informatikai forradalom (komputerizáció, telekommunikáció) is. Lényegében ez volt az az időszak, amikor megteremtődtek a gyorsuló *globalizáció feltételei*: a műszaki fejlődés (a közlekedés/szállítás kiegészült az információ-áramlással), a gazdaságpolitika (tőke, anyagi javak „szabad” áramlása felgyorsult) és a politikai feltételek/szándékok alapvető változása.

Ha csupán vázlatosan is, megkísérlünk képet adni arról, mit jelent a mai ember számára a globalizáció, akkor gyakorlatilag azt mondhatjuk, hogy szinte teljes életünkre

hatással van, s nagyságrendekkel változtatta meg nem csak az egyének, hanem egy-egy ágazat lehetőségeit. A teljesség igénye nélkül néhány jellemző globalizációs elem változásának mértékét megkísérelhetjük megbecsülni.

*A közlekedésben* hozzávetőlegesen három nagyságrendű fejlődés tapasztalható. Ez azt jelenti, hogy amíg régen néhány km/óra sebességgel közlekedtünk, szállítottunk, addig mára nem rendkívüli az ezer km/óra körüli érték. Ennek hatására akár rövid nyaralás is tehető távoli tájakon, vagy módunk van gyümölcsöt, gyorsan romlandó árut beszerezni a világ bármely tájáról – mindez csak piaci mérlegelés kérdése. De sajnos bármilyen fertőző betegséget is pillanatok alatt széthordhatunk a világban. Egykor a hajóút hosszabb volt, mint egy-egy betegség lappangási ideje, s a kikötőkben karanténra meg lehetett állítani a járványokat. Felgyorsult világunkban egy ilyen betegség forrásának kiderítése sem egyszerű feladat, nem véletlen, hogy a filmipar is témát talált a problémában (már néhány évtizede). A 2020-as koronavírus járvány pedig fokozottan bebizonyította, hogy az „ártatlan” közlekedési kapcsolatok néhány hónap alatt az emberiség döntő részét képesek veszélybe sodorni, komoly gazdasági visszaesést okozni – még nemzetközi együttműködés és gyors informatikai háttér esetén is. De a közlekedés jelentős ökológiai változásokat is okozhat. Példaként említhető Guam szigete, ahol egy véletlenül behurcolt kígyófaj (*Boiga irregularis*) madár- és emlősfajok kipusztulásáért felelős<sup>1</sup>.

*Az egészségügy* globalizációja talán legjobban a Föld népességének felgyorsult növekedésében mérhető, hatékonysága 1-2 nagyságrendre tehető. Ez azt jelenti, hogy a történelem régebbi szakaszaiban évszázadok, vagy évezredek kellettek a népesség megduplázódásához, a 20. század közepén pedig már alig 35-40 év is elég volt hozzá (bővebben lásd később a 4.1. fejezetben).

*A tudomány és technika* sokrétű fejlődése alig vázolható következményekkel járt. Felgyorsult a környezet átalakítása. Ásó és lapát helyett óriási markolók alakítják a tájat. Légycsapó helyett „hatékony”, sokszor felmérhetetlen hatású vegyszerek „védenek” bennünket a rovaroktól, de komoly segítséget adtak az ún. „zöldforradalom” megvalósításához is. A tudomány hadászati célú eredményei a fegyverek hatékonyságának 10<sup>6</sup>-szeres növekedését tették lehetővé. A nagy pontosságú mérések számtalan területen segítettek a tudományt és a gyakorlatot (műholdas helymeghatározás, csillagászat, anyagvizsgálatok). De a számítástechnika, az orvostudomány vagy a biotechnológia is alig belátható perspektívákat nyitott az emberiség számára.

*A gazdasági* globalizáció az egyszerű árucserével indult, de benne évtizedek óta már a hatékonyságon alapuló export-import dominál (az országok önellátó szerepét

<sup>1</sup> Lásd például: <https://www.origo.hu/tudomany/20130224-egerbombaval-kuzdenek-a-fakigyok-ellen.html> vagy <https://www.origo.hu/tudomany/20180927-a-vilag-egyik-legpusztitobb-betolakodaja-lett-a-guam-faj-unajat-tizedelo-kigyofaj.html>.

megelőzi a vállalatok haszonorientáltsága, ott termelnek, ahol az olcsóbb – nem tördöve a társadalmi és a környezeti következményekkel), a multinacionális vállalatok gyakran cégen belül alakítják a világkereskedelem egy-egy fontos szeletét, döntéseik sokszor közvetlenül is jelentősen befolyásolják egy-egy ország gazdaságát. Sokszor a világ „másik végében” zajló folyamat alapvető hatást gyakorolhat azoktól teljesen független szereplőkre. Például gyakran figyel a világ árgus szemekkel az amerikai kamatlábak alakulását, mert az meghatározhat alapvető gazdasági folyamatokat. Magától értetődőnek tartjuk, hogy dollárral/euróval a zsebben el lehet indulni világot látni (a világpénz szerepét töltik be), s Coca-Colát vagy hamburgert szinte bárhol ihatunk, ehetünk, pedig ezek mind csak a gazdasági globalizáció egyszerű következményei. A példák sorát hosszan folytathatnánk.

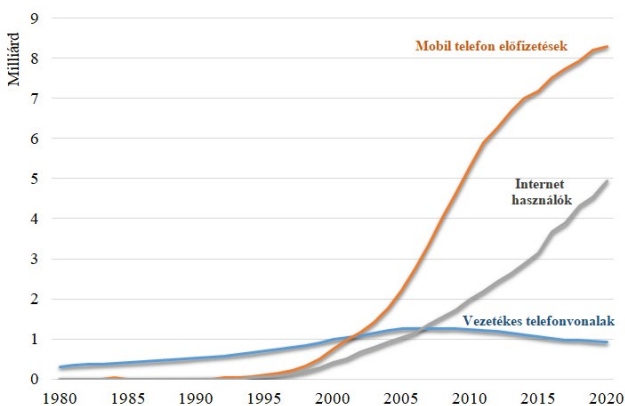
Az *információ* sebessége és globalizációja is forradalmi átalakuláson ment át. Hol vagyunk már az inka futárok gyorsaságától, vagy az indiánok füstjeleitől? Természetesnek vesszünk, hogy egyenes adásban nézhetjük a világ bármely táján zajló labdarúgó mérkőzéseket, de alkalmunk volt ezt ugyanígy megtenni a romániai forradalom eseményeivel, Bagdad bombázásával a kuvaiti háború idején, illetve a New York-i felhőkarcolók összeomlásakor. Pénzügyi szakemberek a távol-keleti tőzsde híreivel kelnek és a New York-iével fekszenek. Alig negyed százada a mobil telefon még csak a „kiváltságosok” számára volt elérhető, ma pedig kis túlzással, fiataljaink egy része gyakrabban cserél mobiltelefont, mint cipőt, vagy akár a 3-4 éves gyermekek nagyobb biztonsággal használják az okostelefont, mint a nagyszüleik. Nem rendkívüli esemény, hogy az internetes távkonferenciák résztvevői nem is találkoznak egymással (csak a képernyőn). De a 2020-as koronavírus járvány az online oktatás előretörését is kikényszerítette.

Az *információszerzés* globalizációja is forradalmi változáson ment át. A távérzékelés biztonságos módjainak kifejlesztése meghatározó szerepet játszott a hidegháború lezárásában (nem kellett a helyszínen kémkedni, de nem is lehetett könnyen elrejteni lényeges hadászati dolgot a műholdak elől). Egyre több nyilvános adat, hasznos információ kerül fel az internetre, így majdnem mindent megtudhatunk a számítógép előtt ülve. Korábban az „okos” professzor a „nyugatról” hozott könyvével (amit miután megmutatta a kollégáinak, és gondosan a szekrényébe zárta azt) akár egy évtizedig hirdethette a „modern tudományt”, miközben ma már interneten elérhetők a legújabb tudományos eredmények is, ezért a diákok egyes témákról esetleg többet tudhatnak tanáraiknál. Az így elérhető „tudásnak” jelen könyv szerzője is nagy segítségét vette, hiszen folyamatosan frissíteni tudta adatait, vagy ellenőrizni az egymásnak ellentmondó adatokat. Veszélye is lehet azonban az így szerzett információknak, hiszen számos nem megfelelő tudományos háttérű anyaggal is találkozhatunk ebben az adathalmazban. Jelentősen növelheti biztonságunkat, hogy webkamerák sokasága segíti a közbiztonságot (vagy netán a bűnesetek felderítését), de akár sok ezer kilométeres távolságról is ellenőrizhetjük velük saját otthonunkat. A „világháló” számos veszélyt is hordoz:



az internetes bűnözés sok fajtája, a személyes információk nyilvánosságra kerülése, a terroristák közötti egyszerű kommunikáció lehetősége, de említendő akár az amerikai elnökválasztásba történő külső beavatkozás is. Néhány évtizede az 1:200 ezres földtani térképek Magyarországon még titkos minősítést kaptak (már akkor is nehezen volt érthető, hogy miért), ma pedig a Google Earth segítségével nemcsak a lakókörnyezetünkben található úszómedencéket számolhatjuk össze, de személyes jelenlét nélkül is fedeztek fel már használatával távoli országokban régészeti objektumokat, és sajnos „kiváló alapanyag” lehet egy robbantási helyszín megtervezéséhez is.

Az emberiség egyre nagyobb arányban használja a globalizáció előnyeit, jól látható ez a mobiltelefon- és az internet-használat adatain (1.1. ábra). A mobiltelefon és az internet az 1990-es évek elején indult el hódító útjára, mára pedig a mindennapjaink része lett. Amíg az internetet használók a kezdeti időben jórészt a fejlettebb országokból kerültek ki, addig a 2000 utáni időszakban a fejletlenebb régiókban igazi „net-forradalom” valósult meg. Tény, hogy 2000 és 2020 között Európában is hatszorosára nőtt a netezők száma, de ez idő alatt a Közel-Keleten ötvenötszörösére, Afrikában pedig több mint száznegyvenszeresére nőtt (1.1. táblázat). Ennek a folyamatnak eredményeként az internet mára a Földünkön mindenütt az élet szerves része lett (1.2. ábra). 2020 végén már majdnem 5 milliárdan élvezik előnyeit, és regionális szinten csupán két afrikai régió van, ahol még az emberek kevesebb, mint harmada használja (igaz ott kimagaslóan alacsony az átlag életkor is).



1.1. ábra. A mobiltelefon, a vonalas telefon és az internet számának alakulása 1990—2020 (milliárd) (Forrás: IWS, Worldbank<sup>2</sup>)

<sup>2</sup> <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>, <https://data.worldbank.org/indicator/IT.CEL.SETS> <https://data.worldbank.org/indicator/IT.MLT.MAIN?view=chart>

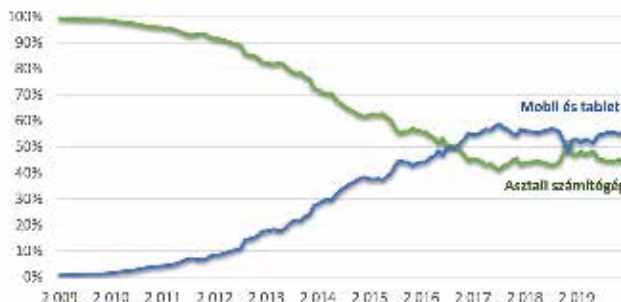
1.1. táblázat. Az internethasználók néhány területi statisztikai adata  
2020. december végén (Forrás: IWS adatai alapján<sup>3</sup>)

Földrész/ régió	Népesség (millió fő)	Népesség aránya a Földön (%)	Internet használók száma (millió fő)	Internet használók aránya a régióban (%)	A hasz- nálók számának növekedése 2000–2020 (%)	Internet használók aránya a Földön (%)
Afrika	1357	17,3	634	46,7	13941	12,8
Ázsia	4310	55,0	2564	59,5	2143	51,8
Európa	836	10,7	728	87,1	593	14,7
Latin-Ame- rika/ Karibi térség	658	8,4	478	72,6	2545	9,7
Közép- Kelet	264	3,4	184	70,0	5528	3,7
Észak- Amerika	370	4,7	333	89,9	208	6,7
Óceánia/ Ausztrália	43	0,6	29	67,4	281	0,6
Világ	7838	100	4950	63,2	1271	100



1.2. ábra. Az internethasználók aránya a világ régióiban 2018. januárban  
(Forrás: az IWS adatainak felhasználásával)

<sup>3</sup> <https://www.internetworldstats.com/stats.htm>



1.3. ábra. A vezetékes és mobil Internet arányának változása a világban  
2009. október és 2019. december között  
(Forrás: a StatCounter adatainak felhasználásával<sup>4</sup> kiegészítve)

A mobiltelefonok hasonlóan gyorsan lettek életünk nélkülözhetetlennek tűnő részei. 2018 elején a forgalomban levő 8,5 milliárd mobil készüléket 5,1 milliárd fő használta (többeknek van 2-3 készüléke). A vezetékes telefonok száma ugyan gyorsan nőtt az 1990-es évek elejétől, de a mobil készülékek megjelenésével szerepük gyorsan visszaesett, és 2006 óta (1,26 milliárd) látványosan csökken használatuk (2017-ben már 1 milliárd alá esett számuk). Az internet és a mobiltelefon „házasságából megszületett” okostelefon rohamos elterjedésének köszönhetően pedig – már alig 7 évvel piacra kerülésük után – 2016-tól a mobilos nethasználat meghaladja az asztali számítógépes használatot (1.3. ábra). Így lett a mobiltelefon alig negyedszázados pályafutása alatt a legelterjedtebb technikai „csoda”. Az internet gyors elterjedésével az emberek tájékoztatásában a TV egyre inkább másodlagos szerepet kap (a TV-készülékek száma 1,6 milliárd, amit mintegy 3-4 milliárd fő használ).

A környezeti problémák globalizációja a 20. század utolsó harmadára vált egyértelművé. A víz- és légszennyezések az ipari tevékenység fokozódásával mind erősebbek lettek. A savas esők jelenségét vagy az üvegházhatás lehetőségét már 19. századi tudományos cikkek is említik, mégis veszélyességük felismerésére jó évszázadot kellett várni. Az üvegházhatásért leginkább felelőssé tett szén-dioxid mérésére csak az 1950-es évek vége felé indult átfogó program, a légkör globális melegedésével foglalkozó kutatások eredményeit pedig sokáig tudatos dezinformációval próbálták hiteltelenné tenni (főként az USA-ban). A savas esők okozta erdőkárokat is először természetes eredetűnek gondolták, s mint környezeti probléma csak az 1970-es évek végén került a vizsgálatok keresttüzébe; az egyszerűen csak „ózonlyukként” ismert légköri jelen-

<sup>4</sup> <http://gs.statcounter.com/press/mobile-and-tablet-internet-usage-exceeds-desktop-for-first-time-worldwide> és <https://gs.statcounter.com/platform-market-share/desktop-mobile-tablet/worldwide>

ség felismerésére pedig 1985-ig kellett várni. (Részletesebben ezekről a problémákról a későbbi fejezetekben szólnunk.)

A 20. század második fele a *politika* globalizációjában is jelentős időszak. A hidegháború lezárását követően az ENSZ is kilép a látszatszerepből, de súlyát a 2003-as iraki háború valamelyest megingatta. Az ENSZ-hez kapcsolódva 1972-től megkezdődött a *környezeti politika globalizációja* is (Stockholmi, Riói és Johannesburgi Konferenciák, illetve a nemzetközi környezetvédelmi egyezmények sora).

Chelsea	Kezdőcsapatok	Arsenal
1  Arrizabalaga K. (K)		Aubameyang P.  14
28  Azpilicueta C. (C)		Cech P. (K)  1
27  Christensen A.		Kolasinac S.  31
33  Emerson		Koscielny L. (C)  6
18  Giroud O.		Lacazette A.  9
10  Hazard E.  (Büntető)		Maitland-Niles A.  15
	(Zappacosta D.)	
5  Jorginho		(Guendouzi M.)   Monreal N.  18
7  Kante N.		(Willock J.)  Özil M.  10
17  Kovacic M.  (Barkley R.)		Sokratis  5
30  Luiz D.		(Iwobi A.)  Torreira L.  11
11  Pedro   (Willian)		Xhaka G.  34
Cserejátékosok		
3  Alonso M.		Elneny M.  4
44  Ampadu E.		(Monreal N.)  Guendouzi M.  29
8  Barkley R.  (Kovacic M.)		Iliev D. (K)  44
22  Willian  (Pedro)		(Torreira L.)  Iwobi A.  17
13  Caballero W. (K)		Jenkinson C.  25
24  Cahill G.		Leno B. (K)  19
52  Cumming J. (K)		Lichtsteiner S.  12
51  Gallagher C.		Mustafi S.  20
9  Higuain G.		Nketiah E.  49
55  McEachran G.		Saka B.  87
21  Zappacosta D.  (Hazard E.)		Welbeck D.  23
		(Özil M.)  Willock J.  59

1.4. ábra. A 2019-es Chelsea—Arsenal Európa liga döntő játékosai  
(Forrás: eredmények.com)

Az utóbbi évtizedekben „szép csendben” a *társadalmi globalizáció* egyik fontos eleme, a közös nyelv is belopakodott a sorba: kimondva-kimondatlanul egyre nyilvánvalóbb, hogy a *nemzetközi kommunikáció nyelve az angol*. Bő két évtizede egy-egy nagy nemzetközi tudományos konferencián még többnyelvű szinkrontolmácsolás volt, mára ez már inkább csak a politikai indíttatású rendezvényeken általános. Jól példázza ezt a tendenciát, hogy már Japánban is fontolgatták az angolnak hivatalos nyelvként való bevezetését, vagy az is, amikor (az 1990-es évek közepén) egy szin-

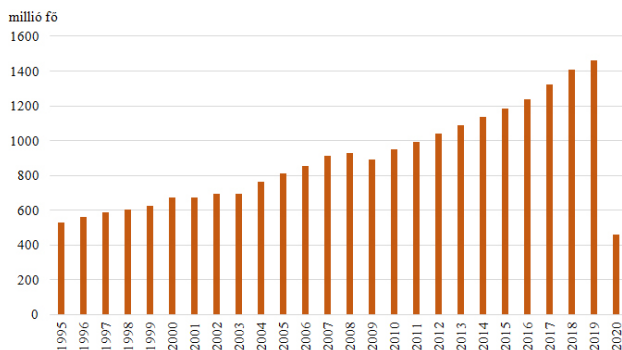
gapúri konferencia egyébként kínai származású szervezője fülem hallatára arra panaszkodott, milyen nehéz volt fiát angol nyelvű egyetemre beiratnia, pedig a jövőbeli érvényesüléséhez az elengedhetetlen. A társadalmi globalizációnak persze vannak évszázadokra visszanyúló és egészen új elemei is. Az előbbire a világméretű vándorlási folyamatok (például Amerika benépesítése az európaiak által), az utóbbira a napjainkban már szinte természetes vegyes házasságokat említhetjük (amelyek egy része ráadásul internetes társkeresés eredménye). De napjaink globalizált társadalmi viszonyai között már természetes, hogy a jelentősebb labdarúgó bajnokságokban a külföldi játékosok alkotják a csapatok nagyobb részét, s a nemzeti bajnokságokban egyre inkább „világválogatottak” szerepelnek (melyek összetételét a rendelkezésre álló pénz határozza meg). Jól példázza ezt a globalizációs folyamatot a két angol labdarúgó klub által játszott 2019-es, Chelsea–Arsenal Európa liga döntő játékos összetétele (1.4. ábra). A győztes Chelsea kezdő csapatában hét ország képviseltette magát, de egyetlen angol játékos sem, és később csereként is csak egy angol állt be. Az Arsenal kezdőjében 10 ország játékosa kapott helyet, közte egy angol, majd a cserék során egy 11. nemzet játékosa is pályára lépett, és egy második angol is.

A társadalmi globalizáció részének tekinthetjük a *nemzetközi turizmus* dinamikus növekedését (bő fél évszázad alatt több, mint 60-szorosára nőtt), amit egy-egy évről ugyan visszavetett valamilyen nagy nemzetközi esemény (pl. az iraki háborúk, a szeptember 11-i események), vagy gazdasági válság, de ezek sem törték meg a dinamikus növekvő tendenciát (1.5. ábra). A nemzetközi turizmus mára igazi iparággá nőtte ki magát, hiszen 2017-ben már átlagosan minden hatodik ember részt vesz benne (1,323 milliárd fő), a belőle származó bevételek 1990 és 2014 között pedig majdnem meghatszorozódtak (1990: 264 milliárd, 2014: 1522 milliárd dollár), így elérte az üzemanyagokból származó bevételek felét, és kissé meghaladta az élelmiszerexport (2014-ben 1486 milliárd dollár) értékét. A legfőbb turisztikai cél Európa, ide irányul a nemzetközi turizmus fele (1.6. ábra). Az országok között 2017-ben Franciaország, az USA, Spanyolország, Kína és Olaszország volt a legnépszerűbb célpont. Legtöbbet a kínaiak költöttek külföldi utazásra (258 milliárd dollár), ami jelentősen több, mint a sorban utána következő három ország (USA – 135, Németország – 84 és Nagy-Britannia – 63 milliárd dollár) költése.

A Covid-járvány talán leginkább a nemzetközi turizmust és a hozzá kapcsolódó ágazatokat „küldte padlóra”. Az országok adminisztratív bezárkózása a nemzetközi légit forgalom és a vendéglátás hihetetlen mértékű visszaesését okozta. Különösen nehéz helyzetbe kerültek azok az országok, melyeknek a turizmus a bevételeik jelentős részét jelenti. A Turisztikai Világszervezet (UNWTO) 2021 elején kiadott gyorsjelentése<sup>5</sup> kb. 1 milliárd fős (74%-os) visszaesést prognosztizál a nemzetközi turizmusban

<sup>5</sup> <https://www.unwto.org/news/2020-worst-year-in-tourism-history-with-1-billion-fewer-international-arrivals>

(a 2009-es gazdasági válság 4%-os csökkenést okozott), következménye pedig 100-120 millió álláshely elvesztése és 1,3 billió dollár bevételcsökkenés volt (lásd 1.5. ábra).



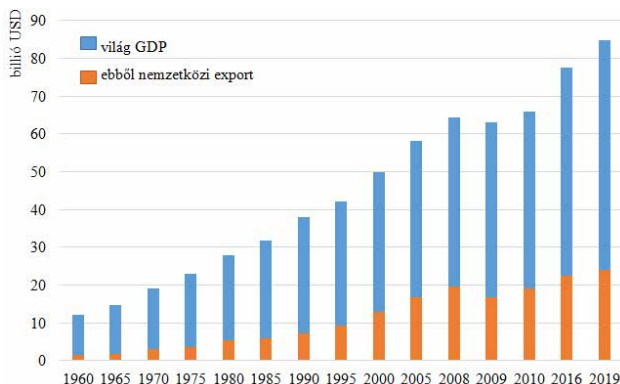
1.5. ábra. A nemzetközi turizmus alakulása (1995—2020)  
(Forrás: az UNWTO adatai alapján)



1.6. ábra. Nemzetközi turizmus célterületei a világban 2017-ben (fő és %)  
(Forrás: az UNWTO 2018 alapján)

## 2. Globalizálódó világgazdaság

A világgazdaság a 2. világháborút követően lényegesen megváltozott. A jelentős termelésnövekedés dinamikus kereskedelmi fejlődéssel párosult, a korábban erősen zárt nemzetgazdaságok nyitottá, piacérzékennyé váltak. Jól mutatja ezt a változást az, hogy amíg 1950 és 2007 között a világtermelés 12-szeresére, addig a nemzetközi kereskedelem közel 30-szorosára nőtt. Különösen gyors a növekedés az 1970-es évek közepe óta. A nemzetközi piac dinamikus bővülése egészen a 2008-as gazdasági válságig folytatódott, amikor már a termelés több mint 30%-a exportra került (2.1. ábra). A válság hatása két évre kissé visszavetette a nemzetközi áruforgalmat, de napjainkban úgy tűnik, hogy már 2006 táján elkezdődött egy stagnáló szakasz – ami mögött az áruszerkezetben bekövetkező változások állnak.



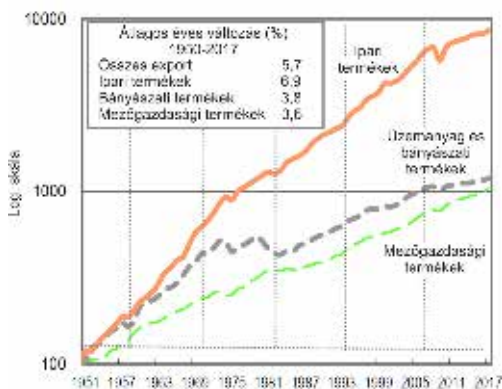
2.1. ábra. A világ GDP-jének alakulása és a nemzetközi áruforgalom részesedése a GDP-ből<sup>6</sup> (1960–2019) (Forrás: a Worldbank adatai felhasználásával)

A világgereskedelem szerkezete jelentős változáson ment keresztül – különösen a mezőgazdasági és ipari termékek arányában. Az elmúlt bő fél évszázad során az ipari termékek dinamikus növekedése miatt a mezőgazdasági termékek kereskedelme arányaiban háttérbe szorult (2.2. ábra). A mezőgazdasági export 1950-ben közel 47%-át jelentette a teljes fogalomnak, s ez 2005-re 10% alá esett vissza, időközben az ipari termékek részaránya 38%-ról 72%-ra nőtt, vagyis az ötödére zsugorodó mezőgazdasági részesedéssel egy majdnem duplázódó állt szemben. Ha materiális oldalát nézzük a dolognak, persze nem kell csodálkoznunk. Az emberek élelmiszerfogyasz-

<sup>6</sup> Az értékek 2010-es US dollárra van átszámolva.

tása élelembőség esetén még az éhezéssel sújtott területeken sem nőne sokszorosára, de az elmúlt fél évszázadban a fogyasztási termékek piacán alig felfogható robbanás következett be. Általánossá vált a motorizáció, a világban korábban alig ismert termékek (televízió, mosógép, hűtő, telefon, stb.) hétköznapivá minősültek az országok többségében, s teljesen új termékek sora (számítógépek, hifi, videokamera, mobiltelefon majd okostelefon, stb.) jelent meg és terjedt el.

Az utóbbi bő tíz évben (2006-tól) azonban egy kisebb fordulat zajlik a világkereskedelemben: az agrártermékek piaci részesedésének növekedési üteme (2006–2016 között átlagosan 5% volt) megelőzte a feldolgozó ipart (bár annak dominanciája továbbra is megmaradt), miközben a nyersanyagok részesedése 2013 óta látványosan visszaesett. Ennek eredményeként 2016-ban a mezőgazdasági jellegű kereskedelem 60%-kal, az ipari 37%-kal nagyobb, a nyersanyag pedig 10%-kal kevesebb volt, mint 2006-ban volt (2.3. ábra). A nagy fordulat hátterében a kölajtermelés és -árak körül kialakult – időnként alig érthető – okokat (erre a későbbiekben még visszatérünk), valamint a megújuló energiaforrások elterjedését lehet leginkább sejteni.



2.2. ábra. A világkereskedelem méretének növekedése a fő termékcsoportok alapján 1950–2017  
(Forrás: WTO 2018<sup>7</sup>) (A viszonyítási érték: 1950=100)

<sup>7</sup> [https://www.wto.org/english/res\\_e/statis\\_e/world\\_commodity\\_profiles18\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/world_commodity_profiles18_e.pdf)





2.3. ábra. A világkereskedelem szerkezete a fő termékcsoportok szerint 2006–2016 (milliárd USD) (Forrás: WTO 2017)

A világkereskedelmet mind importban, mind exportban öt gazdasági nagyhatalom dominálja (EU, Kína, USA, Japán és Dél-Korea) az összes kereskedelem több, mint 2/3-ával. (Megjegyzendő itt, hogy az EU-s országok kereskedelmének mintegy 2/3 az Unión belül zajlik.)

Nagyon érdekesek azok a 2017-ben készült ábrák<sup>8</sup>, amelyek az országokat vezető export- és import-cikkük alapján ábrázolják. Ezeken jól látható, hogy az exportot területarányosan az üzemanyagok dominálják (Észak-Amerika, Észak-Afrika, Közép-Kelet, Oroszország és ázsiai volt szovjet utódállamok), Nyugat- és Közép-Európában, Japánban és Mexikóban leginkább a gépkocsi a vezető exportcikk, DK-Ázsia a számítástechnikai termékek fő kibocsátója, Afrika déli és nyugati területein, valamint Ausztráliában pedig az ércek a vezető export termékek. Az importban az országok nagyobb részében a gépkocsik és az üzemanyagok a legfontosabbak.

Az árucserén kívül jelentősen megnöttek a működő tőke beruházásai, és az érték-tőzsdék átlagos napi forgalma is megsokszorozódott, s ennek nyomán a nemzetközi pénzügyi forgalom dinamikusán nőtt.

A bemutatott adatok elég meggyőzően mutatják, hogy *az országok sokkal nagyobb mértékben függenek egymástól, mint bármikor a történelem folyamán*. A világkereskedelemben bekövetkezett, fent bemutatott drasztikus szerkezetváltásnak azonban súlyos vesztesei voltak azok a fejletlen, nem iparosodott országok, amelyek folyamatosan exportot veszítettek, miközben importjuk vérszesen növekedett. Ebben a folyamatban országok sora került olyan adósságsapdába, amelyből reménytelen kikerülni. A korábban elmaradott, de komoly kőolaj-készletekkel rendelkező országok viszont igazi nyertesei lettek az átalakuló és felgyorsuló világ gazdaságnak, melynek során szinte elképzelhetetlen jólétet tudtak kialakítani (igaz ott sem mindenki számára).

<sup>8</sup> Könyvünk készítésekor elérhető az alábbi címenek:

[https://d36tnp772eyphs.cloudfront.net/blogs/1/2017/09/export\\_map.png](https://d36tnp772eyphs.cloudfront.net/blogs/1/2017/09/export_map.png),

[https://d36tnp772eyphs.cloudfront.net/blogs/1/2017/09/imports\\_map.png](https://d36tnp772eyphs.cloudfront.net/blogs/1/2017/09/imports_map.png)

A térképekbe belemagyaitva részletesebb tájékoztatást is találhatunk. Így megtudhatjuk például, hogy Nepál legfőbb export terméke az ízesített ásványvíz, az egykor fő kávéexportőr Brazíliaának a szója, vagy Moldovának a szigetelt vezeték, stb.

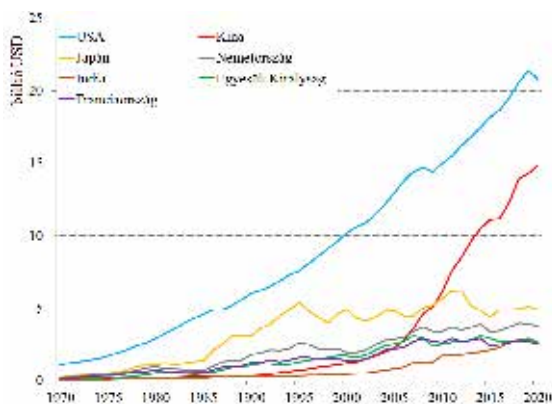
A világkereskedelem felgyorsulásához az országok, illetve az országokon átívelő multinacionális vállalatok gazdasági megerősödése kellett. A 20. század második felétől jelentős változás következett be a világ országainak gazdasági teljesítményében is. A leglátványosabb változást az 1950-es években még kevésbé fejlett európai országok (Spanyolország, Olaszország) és Japán mellett Kína, India, Dél-Korea, Brazília és Mexikó valósította meg. Főként ez utóbbi országoknak és a nagy olajexportálóknak köszönhetően a korábban „fejlődőeknek” nevezett országok ma már valóban rászolgálnak a fejlődő jelzőre. Részesedésük a világexportból folyamatosan növekszik, amiben persze meghatározó szerepe van az ezekbe az országokba beáramló idegen tőkének is.

A 2019. évi gazdasági teljesítményük alapján 16 ország volt, amelynek éves GDP-je meghaladta az 1000 milliárd USD-t (2.1. táblázat). Ezek az országok azonban az utóbbi fél évszázadban nagyon különböző fejlődési pályán jutottak el mai helyzetükig. Számos ország, de leginkább Japán, Dél-Korea és Spanyolország főként az 1960–1990 közötti időszakban dinamizálódott. Kína és India folyamatos erősödése viszont 1990 után következett be. Különösen gyors Kína fejlődése, aminek gazdasági teljesítménye 1960-ban még csak az USA gazdaságának huszonötöd része volt, 2019-ben pedig már annak 63%-a volt. Egyes prognózisok szerint a 2020-as évek első felében pedig akár már Földünk legerősebb gazdasága lehet, a vásárló paritáson (ppp) pedig már jelenleg is megelőzte az USA-t. A GDP növekedési pályák bemutatása (2.4. ábra) számos érdekességre is ráirányítják a figyelmet. Feltűnő, hogy az erőnek tartott Japán gazdaság 1995 óta (azaz már több, mint húsz éve) stagnál. Az USA gazdasága a 2008-as válságot követő év rövid megingásától eltekintve egyenletesen és dinamikusan nő. Kína gazdasága főként 2005-től nő rohamos ütemben, és ezt a Covid-járvány sem vetette vissza. Az indiai gazdaság is 2005 táján kezd felgyorsulni, de ennek mértéke alig haladja meg az európai vezető gazdaságok növekedését. A hét legnagyobb gazdaságot követő, jelentős részben a kőolaj világpiacától függő országok (2.5. ábra) gazdasági eredményességét az olajár döntően befolyásolja: gyors növekedés a 2000–2008 közötti időszakban, majd a 2009-es visszaesés után újabb fellendülés 2013-ig. Az olaj iránti kereslet csökkenése (ami ráadásul számottevő árcsökkenéssel is járt) leginkább Oroszország gazdaságát vetette vissza. Külön említést érdemel Szaúd-Arábia (a 2019-es GDP listán 19.), ami az 1970-es évek végi első olajárrobbanástól a 2000-es évek elejéig csökkenő, stagnáló gazdasági teljesítményt mutatott, és csak az újabb árnövekedés eredményezett komolyabb növekedést. Annak ellenére, hogy az ország gazdasága sokkal egyoldalúbb, mint Oroszorszáégé, mégis az utóbbit sújtotta jobban az olajár körüli bizonytalanság.

2.1. táblázat. A világ gazdaságilag legerősebb 16 országa GDP-jének alakulása 1960–2020 (milliárd USD2010) (Forrás: a Worldbank és az IMF adatai alapján)

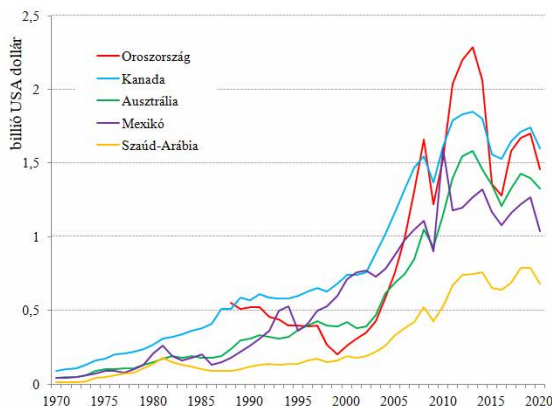
Sorrnd 2019	Ország	GDP (milliárd USD2010)					GDP arány			GDP ppp* 2019
		1960	1990	2000	2019	2020*	2019/ 1990/	1990/ 1960	2019 1960	
1	USA	3173	9001	12620	18300	20807	2,3	2,8	5,8	21428
2	Kína	128	827	2232	11537	14861	18,0	6,5	90,1	23460
3	Japán	796	4704	5349	6211	4911	1,0	5,9	7,8	5459
4	Németország		2576	3119	3944	3781	1,5			4660
5	Franciaország	594	1894	2334	2972	2551	1,3	3,2	5,0	3315
6	India	149	508	873	2940	2593	5,1	3,4	19,7	6912
7	Egyesült Kir.	730	1643	2101	2921	2638	1,6	2,3	4,0	3255
8	Brazília	247	1119	1539	2347	1364	1,2	4,5	9,5	3220
9	Olaszország	546	1751	2069	2151	1948	1,1	3,2	3,9	2665
10	Kanada	294	1012	1207	1939	1600	1,6	3,4	6,6	1930
11	Oroszország		1416	952	1762	1467	1,0			4228
12	Spanyolország	245	875	1152	1572	1247	1,4	3,6	6,4	1987
13	Dél-Korea	23	364	725	1483	1587	4,4	15,9	64,5	2225
14	Ausztrália	199	613	849	1450	1335	2,2	3,1	7,3	1352
15	Mexikó	148	654	915	1310	1040	1,6	4,4	8,9	2604
16	Indonézia	61	310	453	1204	1089	3,5	5,1	19,7	3329
	Világ összesen	11360	37986	49949	84865	83845	2,2	3,3	7,5	135670

\* A 2020. évi adatok az IMF előzetes becslései és aktuális árfolyamon (USD2020) számoltak. Fontos megjegyezni, hogy a 2.1. táblázat és a 2.4., 2.5. ábrák közötti látszólagos ellentmondás oka is a különböző dollár árfolyam: a táblázat a reálértékek összevetését jobban tükröző fix (USD2010-t) értéket használja.



2.4. ábra. A Föld hét legnagyobb gazdaságú országának növekedési pályája 1970–2020 (GDP billió USD) (Forrás: Worldbank<sup>9</sup>)

<sup>9</sup> További országok adatai: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD> címen.



2.5. ábra. Néhány erős gazdaságú, de a kőolajtól függő ország gazdasági növekedési pályája 1970–2020 (GDP billió USD) (Forrás: Worldbank)

A globalizációs folyamat legtöbbet támadott szereplői a *multinacionális vállalatok*. A bírálókat leginkább annak szólnak, hogy miközben ezek a cégek országnyi gazdasági hatalommal rendelkeznek, a lakossággal szemben gyakorlatilag érzéketlenek, tevékenységüket nem a szociális érzékenység, hanem a rideg gazdasági érdek irányítja. Azt, hogy milyen nagy a gazdasági hatalmuk ezeknek a nemzetek feletti vállalatoknak, az átlagember alig sejtí. Az 1990-es évek végén a világ kétszáz legnagyobb vállalatának összesített éves eladásai meghaladták – az első tíz országot figyelmen kívül hagyva – a világ összes többi országának összesített GDP-jét. Ez a kétszáz legnagyobb cég a teljes világgazdasági tevékenység több mint negyedét (27,5%) adta, miközben a világ munkaerejének csak közel 1%-át alkalmazták. Ezek az összesített adatok azonban néhány lényeges dolgot elfedtek. Az imént említett kétszáz legnagyobb vállalat közül 82 amerikai volt (ez lehet a fő oka az Amerika-ellenességnek a világ sok táján), 41 japán, 20 német és 17 francia, azaz négy ország adta a legnagyobb cégek 4/5-ét.

A multinacionális cégek szerepe tovább erősödött az ezredforduló után. Az 1990-es évek második felének világgazdasági megtorpanása ugyanis azt eredményezte, hogy az állami szektor fokozatosan kivonult a nemzetközi gazdasági folyamatból (még a mobilizálható kintlévőségeket is felszámolja), miközben a magán szféra (ami gyakorlatilag a multinacionális cégeket jelenti) dinamikus terjeszkedett.

Az elmúlt húsz évben számottevő átalakulás történt a legerősebb vállalatok<sup>10</sup> nemzetközi megoszlásában. Bár a 200 legnagyobb cég között 2016-ban továbbra is az USA-központúak vezetnek, számuk azonban kissé csökkent (63), viszont a kínai

<sup>10</sup> Ezek többnyire multinacionális cégek, de vannak közöttük nemzeti vállalatok is.

gazdaság gyors növekedése a nagyvállalataik megerősödésével is járt (számuk 41, de a legerősebbek már a 2-4. helyet foglalják el), Japán gazdasági stagnálása jól tükröződik a nagyvállalataik rangsorban való visszacsúszásában, számuk a rangsorban megfeleződött (20). Kissé csökkent Németország és Franciaország gazdasági súlya is (14-14)<sup>11</sup>. Azonban így is ez az öt ország adja a 200 legerősebb vállalat több, mint  $\frac{3}{4}$ -ét, a 200 cég pedig a világ GDP-jének 23,2%-át.

Egy 2019-re összeállított, 500 legnagyobb vállalatot tartalmazó felmérés<sup>12</sup> szerint ezek adják a világ GDP-jének 37,8%-át (33,3 billió USD), miközben csupán közel 70 millió embert foglalkoztatnak.

Az országok gazdasági teljesítményével való összehasonlításban is jól látható a vállalatóriások nagysága. Ha a 2019-es adatokkal az országok GDP-je és a nagyvállalatok bevétele alapján egy közös listát készítünk, akkor ugyan a legnagyobb vállalat (Walmart) csak 25. a listán, de az első 50-ben már 8 cég van, majd a 100 milliárd USD feletti tartományban már a cégek vannak többségben (72 vállalat, 64 ország), 50 milliárd USD felett pedig szerepük tovább nő (227 vállalat, 90 ország).

Egy interaktív térkép alapján jól látható, hogy a legerősebb vállalatok a világ három térségében összpontosulnak: az USA, Nyugat-Európa és Kelet-Ázsia (2.6. ábra)<sup>13</sup>.

A multinacionális vállalatok háttéréről tudjuk, hogy a *nemzetiként indult tőke* cégfűzők, illetve a részvények nemzetközi kereskedelme nyomán (amelyben alig-alig azonosítható a tulajdonos személye) *nemzetközivé vált*. Ez a nemzetközivé lett tőke pedig igen jól ki is tudja használni a legfőbb nemzeti sajátosságokat: az olcsó munkaerőt, a környezetvédelmi szabályozások hiányosságait, a szakszervezetek erőtlenségét, a fogyasztóvédelem és a szociális háló gyengeségeit, az egyes nemzeti kormányok rászorultságát a nemzetközi tőkére. Gyakori, hogy a nemzeti szabályozások számukra hátrányos elemeinek megváltoztatásával (például adó- és vámkedvezmények) piaci előnyöket kényszerítenek ki (ezzel kisvállalkozások sorát sodorják a csődbe), majd azok megszűntével továbbtelepülnek. Egy OECD felmérés korábban kimutatta azt is, hogy amíg az OECD országokban a vállalatok bevétele gyorsabban nőtt, mint az összesített GDP, addig a vállalati adókból befolyt összeg aránya az összes adóból nem változott.

<sup>11</sup> A részletesebb országonkénti elemzéstől két ok miatt is eltekintünk: számos nagyvállalat csupán 1-2 ágazatban érintett (pl. olajipar, gépkocsigyártás), így egy ágazat világpiaci megingása rövid idő alatt nagy változásokat eredményezhet a sorrendben, másrészt a rangsor alsó  $\frac{3}{4}$ -ében már nagyon kis különbségek tapasztalhatóak.

<sup>12</sup> Elérhető: <http://fortune.com/global500/list/> (2021. január 15.)

<sup>13</sup> A térkép internetes változatában lehetőség van a részletesebb területi elemzésre is: [http://fortune.com/global500/visualizations/?iid=recirc\\_g500landing-zone1](http://fortune.com/global500/visualizations/?iid=recirc_g500landing-zone1)



2.6. ábra. A világ 500 legnagyobb vállalatának területi elhelyezkedése 2017-ben  
(Forrás: a fortune.com alapján)

Megjegyzés: a körök területe a vállalatok bevételével arányos

A multinacionális cégeket főként a fejlődő országokban azzal is vádolják, hogy annak ellenére, hogy hatalmas méretükkel ma már meghatározó hatással vannak egy-egy ország gazdaságára és társadalmára, mégis nemzetközi voltak miatt teljesen átláthatatlanok és nem beszámoltathatóak, gazdasági hatalmukat pedig ellenőriz-hetetlen politikai tőkévé kovácsolják.

A globalizálódó gazdasággal kapcsolatban azonban meg kell említeni egy paradoxont: bármilyen furcsa is, de a globalizáció élharcosának tekinthető *multinacionális tőke legfőbb ellensége, veszélyeztetője maga a globalizáció*. A nagy cégeknek addig jó, amíg léteznek országok és azokat elválasztó határok, amíg léteznek szegényebb és rászorultabb államok, ahol a gazdagabb társadalmakban megszokott fizetésnek töredékével is beérik, ahol a jog, a szociális és az egészségügyi juttatások terén engedményeket lehet elérni, vagy lényegesen enyhébbek a környezetvédelmi követelmények. Ekkor tudnak ugyanis a szabályozások között lavírozva könnyen helyszínt változtatni. A globalizálókra és globalizáltakra kettéosztott világunkban a globalizáltak igazi esélye a globalizáció káros hatásai ellen, a nemzetközi összefogás – mégpedig egységesebb nemzeti szabályozással. A gond azonban abban van, hogy a globalizáció előnyei rövid távon nagyon csábítóak az abból korábban kimaradtak számára, a hosszú távú problémákkal viszont általában nem foglalkoznak. Az élet pedig megy tovább, egyre fokozza az aránytalanságokat és a feszültségeket.

Mint az előzőekben láthattuk, a globalizáció adatok sokaságával bizonyítható. Ha azonban arra keresünk választ, hogy mi is a *globalizáció lényege* nagyon sok, és gyakran egymással alig összeegyeztethető megállapítást kapunk – amik ráadásul a maguk gondolatrendszerében igazak is. A lényeget kutató meghatározások közül

három jellemzőt említünk. Az egyik szerint a globalizáció nem más, mint *világygyarmatosítás* (annak olyan formája, amely nem fegyverrel, hanem pénzzel, sokszor majdnem önkéntes alapon történik, a „leigázott” gyakran örül is a ténynek, miközben a gyarmatosító „személye” leginkább homályban marad). Egy másik a *fogyasztói társadalom „kultúrájának” erőszakos elterjesztését* látja benne (gyarló emberként a fogyasztásközpontúság ellen nem tiltakozunk). Egy harmadik megközelítés a *hozzáférés szabadságában* látja a lényegét (hiszen kis túlzással ma már szinte mindent megkaphatunk a világ bármely táján – csak pénzünk legyen hozzá). Ki-ki saját pillanatnyi helyzete alapján nagyon különböző elemeit érezheti meghatározónak, és továbbiakkal egészítheti ki a fentieket. A lényegen azonban aligha változtathatunk: a globalizációt minősíthetjük bárhogyan, kimaradni belőle nem lehet – még ha szeretnénk, akkor sem tudunk. Ennek bizonyítására kitalálhatunk egy (valósághoz közeli) tanmesét például az Amazonas menti őserdőkben még fellelhető indiánokról, akik semmit sem tudnak a globalizációról, s nem is akarnak senkivel kapcsolatba lépni. De előbb-utóbb azt tapasztalják, körülöttük fogy az erdő, s abból (a környező területek „eredményes növényvédelme” nyomán) eltűnnek a rovarok és a vadak, folyójukból (a távoli területek vízszennyezése miatt) elfogynak a halak, őket titokzatos betegségek sújtják – pedig mindezekről mit sem tehetnek. (A valóságban sajnos nem ritkán meg is gyilkolják őket.)

### 3. A globális problémák felismerése és a világmodellek

Hosszú évszázadokon keresztül a nemzetek vagy a vállalkozások úgy tevékenykedtek, hogy tevékenységükben szinte semmi figyelmet sem kapott a környezetre kifejtett (káros) hatás és a globális gondolkodás – sajátos kivételt a világháborúkhoz köthető geopolitikai „események” (a világ éppen aktuális gazdasági felosztása) jelentettek. A II. világháborút követő gyors gazdasági növekedés, a kibontakozóban levő újfajta globalizáció, az 1970-es évek elejére több olyan területre is rá irányította a figyelmet, amit elkerülhetetlenül globális léptékben kellett vizsgálni. Ezek: a *népességnövekedés* és a vele szorosan összefüggő *világélelmelészár*, a megújuló és a meg nem újuló *természeti erőforrások korlátozottsága*, valamint az egyre nyilvánvalóbb *környezetszennyezés*.

A globális gondolkodás és cselekvés fontosságára U Thant, az ENSZ főtitkára nagy hatású beszédében hívta fel a figyelmet az ENSZ 1969-es ülésén: „ennek a szervezetnek még egy évtizednyi ideje van arra, hogy tagjai elfelejtsék régi pereiket, és elkezdjenek egy világot átfogó együttműködést, hogy megállítsák a fegyverkezési versenyt, megjavítsák az emberiség életterét, megfékezzék a népességreobbanást, és a kibonta-

kozáshoz megadják az első impulzust. Ha az elkövetkező tíz esztendőben nem jön létre ilyen összefogás, akkor attól félek, ezek a nehézségek olyan méreteket öltenek, hogy a megoldásuk meg fogja haladni az emberiség képességeit”. A beszéd háttéranyagául szolgáló terjedelmes dokumentum<sup>14</sup> a kor szintjén átfogóan értékeli a Földünk komplex társadalmi-környezeti problémáit, és több konkrét feladatot is megfogalmaz. Az ENSZ a maga eszközeivel élére is állt ennek a folyamatnak (bár politikai súlya abban az időben nem volt túl nagy): egyik szakosított szerve, az UNESCO 1970-ben elindította az „Ember és Bioszféra” (MAB) programot, majd 1972-ben megszervezték az ENSZ első környezetvédelmi világkonferenciáját Stockholmban (lásd a 18.1.1. fejezetben).

A megfogalmazott globális problémák már érzékeltették, hogy ezek csak látszólagosan független kérdések (hiszen a nagyobb népességnek több élelemre és erőforrásra van szüksége, és több szennyeződést is okoz), a gazdasági–társadalmi–környezeti összefüggéseik vitathatatlanok, valamint az is, hogy átfogó elemzésükre lenne szükség. Felsejlett, hogy az emberiség alapkérdése lett a problémákhoz való adaptáció (tanulás és cselekvés), vagy ha ez nem sikerül, jelentős konfliktusok, összeomlások sorozata várható. Bár a kormányzatok szintjén továbbra sem foglalkoztak érdemben ezekkel a kérdésekkel, szerencsére tudóscsoportok átlátták a problémák fontosságát és összetettségét, a számítástechnika fejlődése pedig segítséget is adott a következmények feltárásában. Így aztán nem meglepő, hogy az 1970-es évek (annak is inkább első fele) a világmodell-alkotások időszaka lett.

A globális gondolkodás, a globális modellek megalkotása szempontjából meghatározó volt a *Római Klub* 1968-as megalakulása. A szervezet független gondolkodók együttműködésével jött létre. Alapításkor 10 ország 30 tudósa vett részt a munkában, az 1990-es évek elején már mintegy 25 ország 70 szakértője dolgozott a szervezetben. A kutatók sok szakterületet és sokféle kultúrkört képviseltek. Jellemző munkamódszerük az volt, hogy egy-egy átfogó témáról egy szakértői csoport elemzést készített, amit megvitattak, majd az összegzett eredményt a közvélemény elé tárták. A csoport szerepe főként a kezdetekkor volt meghatározó.

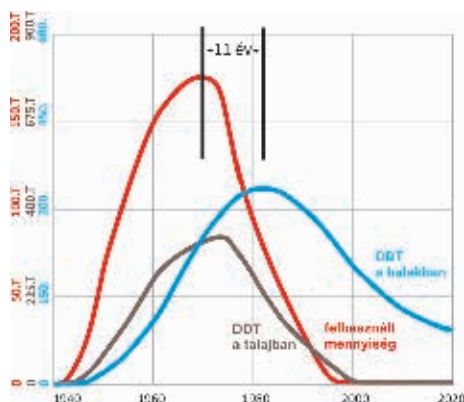
A Római Klubhoz kapcsolódó legnagyobb hatású, de egyben a legvitatottabb az 1972-ben (D. Meadows és társai által összeállított) *A növekedés határai* (*The Limit to Growth*) címen közreadott világmodell<sup>15</sup> volt, ami bővebb formában 1974-ben könyvként publikálásra is került (*Dynamics of Growth in a finite World*). Ez a modell 99

<sup>14</sup> A „*Problem of the human environment*” című 66 oldalas tanulmány elérhető az interneten: [http://repository.un.org/bitstream/handle/11176/295838/E\\_4667-EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.un.org/bitstream/handle/11176/295838/E_4667-EN.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

<sup>15</sup> Elérhető több helyen is pl.: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>. A tudományos igazsághoz tartozik, hogy a modell alapváltozatának kidolgozása J. Forrester, az MIT ipari modellezéssel foglalkozó professzorának érdeme, amit munkatársai fejlesztettek publikálható formába.



globális mutató<sup>16</sup> felhasználásával, az 1900–1970 közötti időszak empirikus adataiból kiindulva próbálta meg a jövőben várható eseményeket prognosztizálni.



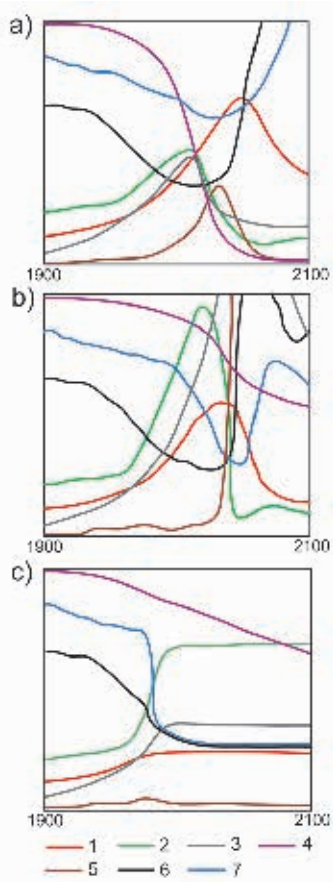
3.1. ábra. A DDT éves felhasználása a világban (3), a talajban felhalmozódott mennyiség (2) és halmozódása a halakban (1) (Forrás: Meadows és társai 1974)

A modell fontos érdeme, hogy már részletesen figyelembe vette a *környezetszennyezés* lehetséges következményeit, pedig a környezetvédelem még igen mostohán kezelt kérdés volt ebben az időszakban. A környezetszennyezési rátát, az egyes költségelemeket az országok fejlettsége alapján határozták meg, a szennyezések megszüntetésére költségbecsléseket is tettek. A szennyezőanyagok természetben bekövetkező hatásának értékelésénél figyelembe vették azok természetes terjedését, több lépcsős következményeit az ökológiai rendszerben. Példaként a DDT felhalmozódásának időbeli késését mutatták be, ahol jól látható, hogy a mérgező anyag a halak szervezetében a legnagyobb koncentrációt a felhasználási maximum után 11 évvel érte el (3.1. ábra). Fontos módszerbeli szempont volt, hogy a szennyeződések terjedése során azok többségénél nem veszik figyelembe az államhatárokat és a szárazföldek határait, hanem azok globális terjedésével számolnak, s ezzel összefüggésben a védekezés ügyét is nemzetközi szinten képzelik el. Néhány szennyeződésre még nem voltak megfelelő

<sup>16</sup> Példák a felhasznált adatokból. A *népesedés* területéről: népességszám, annak korösszetétele, halálozási arány, termelékenység, népsűrűség, születésszabályozás hatékonysága. *Ipar*: ipari tőke, beruházási ráta, egy főre jutó ipari termelés, ipari tőke használati ideje. *Élelemtermelés*: mezőgazdaságilag hasznosított terület, a potenciálisan hasznosítható területek nagysága, mezőgazdasági beruházási ráta, a földhasználat átlagos ideje, földterület veszteség, az egy hektárra jutó mezőgazdasági munkahelyek száma. *Környezetszennyezés*: környezet-szennyezés mértéke, abszorpciós idő, környezeti károk hatásának időkésése, terméshozam a környezetszennyezés függvényében. *Nyersanyagok*: nem megújuló nyersanyagok mennyisége, nyersanyag-felhasználási ráta, egy főre jutó nyersanyag-felhasználás, fogyasztási ráta.

adataik és biológiai határértékeik, ezért ezeket csak korlátozottan tudták beépíteni a modellbe.

Összesen 12 modellváltozatot futtattak az 1900–2100-as időszakra, amelyek három fő csoportra oszthatók. A *standard* modell: a korra jellemző tendenciák előrevetítése (növekvő világ) ez az 1. és 2. változat; *korlátozott gazdasági növekedés* (amikor az emberiség néhány területen kísérletet tesz a kedvezőtlen folyamatok mérséklésére, ilyen például a népességszabályozás) ide tartoznak a 3–7. változatok; *stabilizálási kísérletek* (ezekben a cél annak meghatározása, hogyan lehet stabilizálni az emberiség létminőségét) a 8–12. változatok. Az eredmények elég komor jövőt mutattak az emberiség számára.



3.2. ábra. Példák a Meadows modellek egy-egy főcsoportjának eredményeire:  
a) az 1970-es évek elején jellemző trendek alapján készített változat,  
b) korlátlan nyersanyagkészletekkel, redukált környezetszennyezéssel és önkéntes születésszabályozással számolt változat,  
c) az 1975 évre számolt stabilizált változat

Jelmagyarázat:

- 1: a Föld népessége,
- 2: az egy főre jutó élelem,
- 3: az egy főre jutó ipari termelés,
- 4: nyersanyagkészletek,
- 5: környezetszennyezés,
- 6: halálozás,
- 7: születésszám.

Az 1970-es évek elején jellemző folyamatokra alapozott ún. *standard modellek* a 21. század közepére már olyan mértékű problémákat jeleznek, amelyek *a népesség drasztikus csökkenésében* csúcsosodnak ki. A modellváltozatok feltételrendszerének módosítása ellenére a végső eredmények hasonlóak, csak az oda vezető okok különbözőek: ismert nyersanyagkészletekkel számolva a rendszer „kimerülésének” oka a nyersanyaghiány (3.2a ábra), megduplázott készletekkel ehhez, mint fő problémához a környezetszennyezés is kapcsolódik. A tanulság: *a korabeli tendenciák nem tarthatók fenn az emberiség létének veszélyeztetése nélkül*, és az erőforrások nagysága mellett azok hasznosítására is fokozott figyelmet kell fordítani. Azok a modellváltozatok sem biztatóak az emberiség számára, amikor a szabályozás csak néhány tényezőre korlátozódik (3.2b ábra). A stabilizációs modellváltozatok átfogó szabályozást feltételeznek, és legsikeresebbnek az bizonyult, amikor a szabályozás már 1975-től megvalósul (3.2c ábra), mivel a halasztott (2000-től induló) stabilizálás az idővesztés miatt jelentős társadalmi konfliktusokkal járna.

A Római Klub Meadows modelleken alapuló jelentése – főként pedig az elég egyértelműen megjelölt jövőkép – heves visszhangot váltott ki szerte a világon. A jövő gazdasági, társadalmi és környezethasználati ideológiájaként célként megjelölt zéró gazdasági növekedés gyakorlatilag senki számára nem volt elfogadható. Ezt a jövőt a fejlődő országok és az akkori szocialista országok is egyfajta kapitalista ármánykodásnak tekintették, amely meg akarja őket fosztani a gazdasági fejlődés lehetőségétől. De a fejlett országok belső egyenlőtlenségei miatt ott sem találkozott megértéssel.

Az ideológiai támadások mellett számos, jogos szakmai bírálat is érte az anyagot. Kétségtelenül igaz, hogy nem foglalkozott az egyes témákhoz kötődően a regionális különbségekkel (a viszonylag rövid idő alatt nem is igen volt lehetőség részletesebb elemzésre), nem vette kellően figyelembe a tudomány jövőbeli szerepét, jelentőségét, és elsiklott az abban a korban nagyon is „levegőben lógó” atomháború veszélye felett is. Érdeme viszont, hogy:

- reális adatokból lehetséges alternatívákat vázolt fel,
- a sokkoló eredményével valós problémára irányította a figyelmet (ha az emberiség nem tesz hatékony lépéseket, akkor fél évszázad múlva a Földünk már a növekvő népességet nem lesz képes eltartani),
- egyértelművé tette, hogy a korabeli folyamatok súlyos következmények nélkül nem tarthatók fenn tartósan,
- nyilvánvalóvá vált, hogy egy újfajta, mégpedig globális gondolkodásra van szükség a problémák eredményes megoldásához,
- felhívta a figyelmet, hogy nincs sok idő a cselekvésre, mert a helyes, de késleltetett intézkedés már sikertelen lehet.

Ez volt az első, a globális összefüggéseket kapcsolataiban átfogó, problémafelvető, a lényegi összefüggésekre választ kereső gondolati kísérlet. Szerepe, érdeme vitathatatlan. *Elindította a globális problémák körüli gondolkodást.* Ugyancsak fontosnak tartjuk azt is megjegyezni, hogy a jogosan felvetett tudományos kritikákat elfogadva a Római Klub tovább tudott lépni, több, későbbi világmodell megalkotása is ehhez a szellemi műhelyhez tartozik. Az elindított globális gondolkodás 1974 és 1977 között öt világmodellezési konferencián folytatódott. A következőkben a jelentősebb modellek legfontosabb megállapításait foglaljuk össze nagyon röviden.

Római Klub második elemzése a „*Fordulóponton az emberiség*” (*Mankind at the Turning Point*”, szerkesztők: Mesarovič–Pestel, 1974) már a Földünket 10 régióra bontva, és azokon belül öt szinten (környezeti, technológiai, demográfiai és ökonomiai, szociálpolitikai valamint egyéni) elemezte. Alapvető következtetése, hogy *a krízis okok* (népesség, környezet, stb.) összefüggenek a növekedéssel, de megszüntetésük legkevésbé a növekedés fékezésével lehetséges. Úgy látják, hogy a régiónkénti „problémakezeléssel” megoldható, hogy ne egy időben sújtsa a világot a krízis, de csak globális gondolkodással és cselekvéssel kerülhető el a katasztrófa, a késedelem pedig még a megmaradt döntési lehetőségekben is végzetes lehet. Felvet az anyag globális etikai kérdéseket (az éhezés, erőforrás használat, felelősség a jövő generáció felé), és felmerül már a terrorizmus és az atomháború veszélye is.

Egy argentinai alapítvány (Bariloche Foundation) a fejlődő országok szemszögéből keresett választ a globális problémákra. Az értékelés (*The Bariloche World Model as an Infeasibility Study* 1974) már címében is egy új típusú megközelítésre utal, könyvként megjelenő változata (Bernardini: *Katasztrófa vagy új társadalom? Egy Latin-Amerikai világmodell*<sup>17</sup> 1976) pedig kérdés formájában tömör választ is ad a Földünk jövőjéről. Véleményük szerint a „jelenlegi” tendenciák extrapolálásán alapuló világmodellekkel alapvető probléma, hogy a fejlettebb régiók szemszögéből próbál a problémákra választ adni. A fejletlen régiókban már abban az időszakban is (a más modellek által a jövőre prognosztizált) tényleges problémák sorával találkozhatunk, a „végső megoldásként kínált” gazdasági növekedés nélküli világ (amiben a globális egyensúly megvalósulhat) pedig az egyenlőtlenségek konzerválását jelentené. Az elemzés végeredménye: *a katasztrófa megelőzése csak új világrenddel lehetséges.*

Az ENSZ felkérésére elkészített, a világszervezet fejlesztési stratégiájához igazított Leontief-modell (Leontief: *A világgazdaság jövője – The Future of the World Economy* 1977) több ok miatt is megemlítésre kívánczik. A kor szintjén hatalmas számítógépes értékelésen alapult (15 régió, 45 szakmai részterülethez kapcsolódó összesen több, mint 4000 változó input-output elemzése). Környezeti szempontból tanulságos, hogy

<sup>17</sup> Catastrophe or new society? A Latin-American World Model. Az anyag elérhető: <http://cms.unige.ch/isdd/IMG/pdf/21147.pdf>

foglalkozott a környezetszennyezés megszüntetésének gazdasági következményeivel is. Ebben a gazdaságilag fejlett országoknál az USA környezetvédelmi szabályozásához igazított költségekkel számolt, a közepes fejletteknél „mérsékeltőbb” célokat (kisebb költségekkel) vett számításba, a legszegényebb országoknál viszont eltekintett ilyen költségektől, hiszen ott a környezetvédelemnél fontosabb dolgokra kell fordítani az anyagi forrásokat. Ez a modell nagyon előrelátóan már utalt a világ országaiban várható fizetési mérlegek gondjára, a később sok országot gazdasági válságba sodró adósságválságra (igaz annak nagyságát jelentősen alulbecsülte). Ez a modell két kiutat lát az emberiséget fenyegető válságból: a *gazdasági növekedés csökkenése, vagy egy* (a más modellekben is visszatérően megjelenő) új világ gazdasági rend.

A Római Klubhoz kapcsolódva még három összefoglaló értékelés jelent meg ezekben az években. A *Nemzetközi rend átalakítása* (Tinbergen 1976: *Reshaping the International Order*) a gazdasági–társadalmi–környezeti problémák szinte teljes leltárát áttekinti (népességnövekedés, éhség, fegyverkezési verseny, cserearány-romlás, agyelszívás, környezetterhelés, ivóvízhiány, stb.). Nagyon tanulságos, hogy a különböző modellekben (a tudósok előrelátását mutatva) számos később jelentkező környezeti probléma is említésre került. A *hulladékkorszak után* (Gábor, Colombo és King: *Beyond the Age of Waste* 1976) címmel megjelent kötet ugyan főként az energia, a nyersanyagok, az élelmiszerek, az éghajlat problémáival foglalkozik, de megkülönböztetett figyelmet kap benne a hulladékok ügye (már a kötet címe is utal erre), illetve két ekkor még nem, vagy alig ismert téma: az ózonprobléma (az ózonlyukat csak 1985-ben fedezték fel) és az üvegházhatás. Egy másik, 1976-ban László Ervin vezetésével készült összegzés, a *Célok az emberiség számára* (Goals For Mankind) megfogalmazza, hogy a *társadalmi innovációk elkerülhetetlenek, a társadalmi tervezés nemigen választható el a világrendszerek fejlődésétől*. A világ tornyosuló problémáit új globális célok megvalósításával lehet leküzdeni (pl. a fegyvereken alapuló biztonság nem lehet a jövő útja), globális élelmiszer- és energiapolitikára lenne szükség – növekedés kevesebb anyaggal és energiával, de emellett szükséges lenne a világszolidaritás kialakítására is. Megfogalmazásuk szerint az *emberiség előtt álló határok nem fizikaiak, hanem belső, szubjektív határok*. Az önző célok kielezik, aktiválják a külső határokat, ugyanakkor a *globális gondolkodást a haszonelvű liberális demokráciák és a vallások korlátai hátráltatják*.

A későbbiekben több, egy-egy ágazatot értékelő világmodell is készült, ezek ismertetésétől jelenleg eltekintünk. A különböző világmodellek sokféle megközelítést alkalmaztak, s bár eredményeik több területen különbözőek, egy dologban azonban mindenképpen azonosak a sokat bírált Meadows modellekkel: a Föld jövője átfogó gondolkodást és cselekvést igényel, a *korabeli tendenciák nem tarthatók fenn az emberiség létének veszélyeztetése nélkül*. Globális cselekvés nélkül katasztrófák sorozata vár az emberiségre.

Bár a nagy globális modellezési időszak az 1970-es években lezárult, a Meadows-modellt az 1990-es évek elején és 2002-ben ismételten „lefuttatták”<sup>18</sup>. Az eredmény ugyan részletgazdagabb lett, új szempontokat is figyelembe vettek (pl. ökológiai lábnyom), de fő mondanivalója alig változott: az emberiség ugyan sok mindent megtett, de lényegi változásokat még nem sikerült elérni.

2011-ben Dennis Meadows előadást tartott Magyarországon (3.3. ábra). Előadásában határozottan kiemelte: az emberiség előtt két lehetőség van. Az egyik az a teljes összeomlás, a másik határozott lépések a fenntarthatóság felé. Jelen kötet szerzője akkor feltette neki a kérdést: vajon *ahhoz, hogy az emberiség közösen cselekedjen, meg kell várni egy átfogó katasztrófát?* Meadows a kérdésre kitérő választ adott, de előadásának<sup>19</sup> egyik diája jól mutatta véleményét: „a gyakorlat: keresztbe tett karok”.



3.3. ábra. Dennis Meadows a Budapesti Corvinus Egyetemen 2011-ben  
(mellette: Kerekes Sándor professzor)

<sup>18</sup> Limits to Growth: The 30-Year Update

<sup>19</sup> Az előadás egyik korábbi, magyar nyelvű változata elérhető: [slideplayer.hu/slide/2955337](http://slideplayer.hu/slide/2955337)







## **II. GLOBÁLIS KÖRNYEZETI PROBLÉMÁINK**





Ha valaki napjainkban az interneten arról próbál tájékozódni, hogy mik az emberiség legfontosabb környezeti problémái, akkor legalább 15-20 fontos témát talál. Ezek között vannak olyanok, amik önállóan szerepelnek ugyan, de szorosan összekapcsolódnak (például túlnépesedés – városi növekedés, klímaváltozás – globális melegedés, légszennyezés – savas esők – ózon probléma, stb.) Könyvünkben a lehetőségünk határain belül az ilyen témákat együtt dolgozzuk fel, bár van néhány probléma, ami több kérdéskörhöz is kapcsolódik.

Az is megfigyelhető, hogy egy-egy téma fontosságát mind az egyének rangsorában, mind a sajtóban, alapjaiban befolyásolják a megelőző időszak történései. Jól mutatja ezt, hogy amíg például 2011-ben a fukushimai atomerőmű balesetet követően a nukleáris energia használata miatt nagy nemzetközi aggodalom volt (akárcsak Csernobil után), 2020-ban ezt a környezeti veszélyt csak elvétve említik, sőt egy 2019 végén közzé tett tanulmány<sup>1</sup> már azt elemezte, hány közvetett halálesetet okozott a németországi atomerőművek bezárása. Az 1950–1980 közötti időszakban talán az éhezés ügye volt a leginkább nyugtalanító, később a savas esők, majd az ózonlyuk megjelenése, az utóbbi évtizedben pedig a klímaváltozás és az édesvízhiány az, ami miatt – a jövőbe is tekintve – aggódnunk.

Könyvünkben a témák feldolgozását a kötet szerzőjének szubjektív rangsorában legfontosabb három témával (túlnépesedés, klímaváltozás, vízproblémák) kezdjük, de az ezekhez tematikailag kapcsolódó kérdéseket (még ha azok veszélyessége kisebb is) együtt tárgyaljuk.

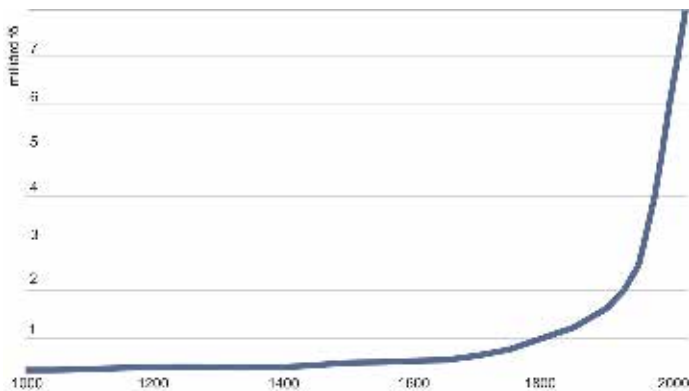
## 4. A túlnépesedés és a népesedéssel kapcsolatos egyéb gondok

### 4.1. Népeségnövekedés

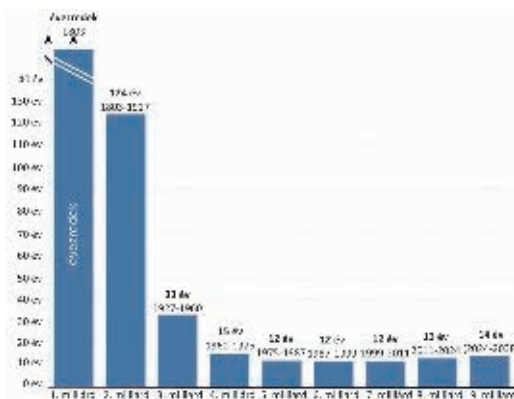
Hosszú időn keresztül Földünk népessége csak nagyon lassan változott. Becslések szerint az időszámításunk kezdete előtti időszakban 2-3 ezer év alatt duplázódott meg bolygónk lakossága (amit például a római birodalom időszakában kb. 160-180 millióra becsülnek), s ez a 17. századig csak nagyon lassan változott (az időszámítástól kb. 900 év kellett a duplázódáshoz, majd a következőhöz 700). Ez a 0,1% alatti éves növekedési ütem a 17. századtól kezdett emelkedni, és 1800 táján a népességszám elérte az

<sup>1</sup> [https://index.hu/gazdasag/2020/01/05/fukusima\\_nemetszag\\_atomstop\\_energievwende\\_atomelleneseg\\_atomenergia\\_klimavaltozas\\_legszennyezes\\_halalozas/](https://index.hu/gazdasag/2020/01/05/fukusima_nemetszag_atomstop_energievwende_atomelleneseg_atomenergia_klimavaltozas_legszennyezes_halalozas/) eredeti forrás: <https://www.nber.org/papers/w26598%20>

1 milliárd főt. A 20. század elejétől a növekedés üteme gyorsulni kezdett, majd a II. világháborút követően robbanásszerűen megnőtt (4.1. ábra), és az 1970-es évek táján már alig 12-13 év elég volt, hogy az emberiség létszáma 1 milliárd fővel gyarapodjon (4.2. ábra). (A jelen kötet szerzője is megdöbbenve eszmélt rá, hogy élete időszakában az emberiség létszáma több, mint háromszorosára nőtt!)



4.1. ábra. A világ népességének növekedése 1000–2020 (Forrás: Worldometer)



4.2. ábra. Mennyi idő alatt növekszik a Föld népessége egymilliárd fővel? (Forrás: OurWorldinData alapján)

Ha a hihetetlenül gyors népességnövekedés okait keressük, akkor több kedvező, egymás hatását is felerősítő tényezőt találunk. Harari (2015) könyvében három fő okot

jelöl meg: az éhezés, a járványok és a háborúk visszaszorulása. Ez persze nem jelenti azt, hogy ezek a halálokok megszűnnek a következő évtizedekben, csak hatásuk a népességszám alakulására egyre kisebb lehet.

Az *orvostudomány* az elmúlt évszázadban, de főként az utolsó évtizedekben hatalmas mértékben fejlődött. A spanyolnátha az I. világháború végén és az azt követező időszakban 50-100 millió halálesetet okozott (jóval többet, mint a világháború kb. 16 millió halottja). Az 1980-as években megjelent rettegett kórban, az AIDS-ben 2020-ig kb. 35 millióan haltak meg (bár ma már többnyire eredményesen kezelni tudják, de a WHO még 2030-ban is 0,3-0,4 millió halálesetet prognosztizál), a himlőjárványban 1967-ben 15 millió ember fertőződött meg, 2 millió halott volt, 1979-re viszont világszerte sikerült felszámolni. A 2003-ban félelmetesnek induló SARS (atipikus tüdőgyulladás) hatásaként végül ezernél kevesebb halott lett. A 2014-ben ismét megjelent ebola-járvány – amit a WHO a modern idők legsúlyosabb közegészségügyi vészhelyzeteként minősített – 14 ezer ember halálát okozta. Bár úgy tűnt 2016-ra végre sikerült megfékezni, de sajnos a felelőtlen társadalmi viselkedés (a fertőzött beteget a családtagok sokszor az egészségügyi dolgozók tiltása ellenére is haza vitték) és a helyi háborús viszonyok miatt a járvány a következő években is több helyen megjelent. A 2019 végén Kínából indult koronavírus korábban példátlan határozottságú fellépést váltott ki az országban, illetve gyors nemzetközi orvostudományi együttműködést hozott. Ennek ellenére világjárvánnyá fejlődött és a globalizáció tragikus bizonyítéka lett (lásd bővebben a 4.5. fejezetben).

Látványos eredményeket ért el az orvostudomány a csecsemőhalálozás visszaszorításában is. 1800-ban a gyermekek 43%-a halt meg öt éves koruk előtt, 2015-ben ez az érték 4,4%.

Az 1950-1960-as években a gyorsan növekvő népesség élelemmel való ellátása látszott bizonytalannak. Csak a Kínát sújtó *nagy éhínségek*ben 1907-ben 25 millió, 1958–1961 között becslések szerint 15-43 millió ember halt éhen. De a korábbi évszázadokban sem volt ritka a több millió ember halálát okozó éhínség<sup>2</sup>. Nem véletlen, hogy a különböző világmodellekben is az élelemhiány, és az ennek nyomán kialakuló éhezés volt az emberiséget leginkább veszélyeztető globális probléma. Jól jellemzi az akkori helyzetet, hogy a Római Klubhoz tartozó Vester könyvében<sup>3</sup> az átlagos USA polgár fogyasztása szintjén 2 milliárd főben határozta meg a Föld akkori eltartó képességét – miközben akkor már több mint 4 milliárd ember élt a bolygónkon. Az 1970-es évek elejéig leginkább a nagy népességű, alacsony jövedelmű országok (Kína, India, Banglades, stb.) és a szubszaharai térség volt érintett az éhség problémában. A globa-

<sup>2</sup> A jelenlegi statisztikák szerint legalább 20 olyan éhség katasztrófa volt, amikor több, mint 1 millió ember halt meg, ebből 16 volt a 19. és a 20. század során.

<sup>3</sup> Vester: *Unsere Welt, ein vernetztes System* 1978



Az ábra jól mutatja, hogy 1800-ban a világ legfejlettebb régióiban is csak átlagosan 40 évig éltek az emberek. Másfél évszázad alatt az átlagos élettartam 70 évre emelkedett, és az emberiség mintegy 40%-ának élettartama nőtt legalább 25 évvel, a népesség felénél viszont ez csak 10 év körüli értékkel javult. Az elmúlt bő fél évszázadban viszont – az élettartam növekedésével együtt – területi megoszlásban is számottevő fordulat következett be: a fejlett országokban csupán bő tíz évvel éltek tovább az emberek, a szegényebbekben viszont 25-30 évvel. Azaz lényegesen csökkentek a különbségek a különböző fejlettségű országok között. Azt is jól mutatja az ábra, hogy néhány ország helyzete hatalmasat változott 200 év alatt. Például Dél-Korea és Spanyolország a legalacsonyabb élettartamból a legmagasabbak közé került, sokat javított helyzetén Kína, valamennyit India, de például az USA kedvező helyzete alig változott.

A globális *halálokok* között új lényegi tényezők jelentek meg. Egy 2012-re vonatkozó összegzés az 56 millió halálesetből 620 ezer erőszakos halált említ (120 ezer háború, 500 ezer bűncselekmény), 800 ezer öngyilkosság és 1,5 millió cukorbetegség mellett! *Azaz az éhezés mellett az elhízás, a túltápláltság jelent meg, mint egyik fő halálozási ok.* De ezen is túlesznek a dohányzás káros következményei, hiszen egy 2019-es WHO elemzés szerint 1,1 milliárd ember dohányzik, és évente 8 millió haláleset köthető e szenvedélyhez. A halálokok listáján számottevőek még a közlekedési balesetek: az elmúlt két évtizedben mindig 1 millió felett volt a számuk. 2016-ban a világon 1,34 millió fő halt meg balesetben, ebből Indiában 151 ezer, Kínában 58 ezer. A két nagy népességű ország ellenkező irányú változást mutat ezen a téren: Kínában folyamatosan javul a helyzet (2004-ben még 107 ezer volt), Indiában viszont folyamatosan romlik (2000-ben 79 ezer baleseti halál). Világszerte tüzesetekben kb. annyian halnak meg, mint a háborúkban (2016-ban 132 ezer fő).

A Meadows-féle modell-vizsgálatok egyik beavatkozási javaslata volt a népességszabályozás. A legnépesebb ázsiai országok ebben is lépni próbáltak. Indiában az 1965-ös szükségállapot időszakában 6,2 millió szegény férfi erőszakos sterilizálását végezték el (kétezer bele is halt a műtétbe), ami 15-szöröse volt a nációk által elvégzett ilyen beavatkozásoknak. Az erőszakos beavatkozásoknak a kormány bukása vetett véget. Az 1970-es évektől a nőkön végzett sterilizálás került előtérbe. 2013-2014 során már közel 4 millió nőt sterilizáltak.

Kínában 1979-ben kezdődött el a „családonként egy gyermek” politika. Ezt kemény központi ellenőrzéssel, büntetésekkel (akár a jövedelem felének elvételével), kedvezményekkel tartatták be. Az 1980-as évek elejétől itt is sterilizálási program is kezdődött (pl. akiknek már két gyermekük volt). A program adminisztratív betartatása számos nehézséggel (hivatalnokok csalása, egyének ügyeskedése) folyt, és a kisebbségekre nem vonatkozott. Némi lazítást jelentett, hogy a vidéki párok vállalhattak második gyereket, ha az első leány volt. Becslések szerint a lakosság több,

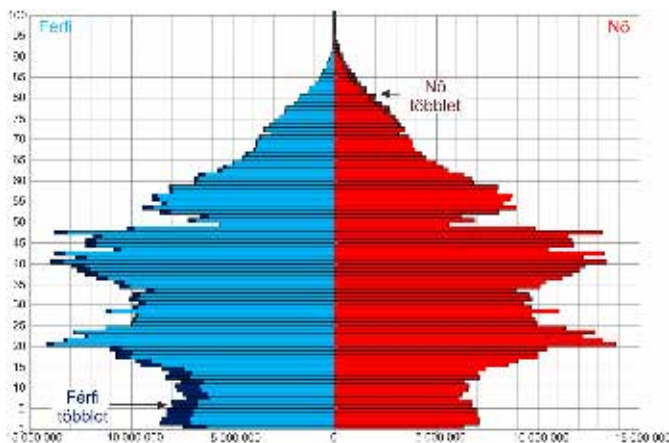
mint harmadát érintette a szigorú, és több, mint felét az enyhébb szabályozás. Egyes források szerint a program miatt 400 millió gyermek nem született meg.

Ha valaki Kínában jár, akár rövid idő alatt az utcán is láthatja a népesedéspolitika eredményét. A kötet szerzője 2006-ban megdöbbenve tapasztalta a gyermekek hiányát. Egy napfényes vasárnap (a megelőző nap az eső kimosta a szmogot a levegőből) szabadidejüket töltő családok lepték el Peking egyik legnagyobb parkját. Az ilyen alkalmakra a családok együtt szoktak elmenni, mégis alig lehetett látni gyermeket (4.4. ábra).

Az egy gyerekes politikának – a népességnövekedés mérséklése mellett – számos negatív következménye lett. Az ország korfáján (4.5. ábra) határozottan látszik az egy gyerekes modell, és annak szociológiai következményeként a mintegy 30 milliós férfiféltöbbség a fiatalabb korosztályban (hiszen az orvostudomány lehetőségeit felhasználva a családok inkább fiú utódokat „választottak” a leány helyett). Emellett sokat romlott a kereső-eltartott arány. A modell társadalmi elfogadottságát viszont nagyban segítette, hogy gyermekek hiányában lényegesen gyorsabban nőtt a családok életszínvonala. A kedvezőtlen folyamatokat felismerve 2015-től lényegében beszüntették a születésszabályozást, és ma már inkább a kétgyerekes családokat preferálják.



4.4. ábra. Vasárnapi életkép Peking egyik népszerű parkjában – szinte gyermekek nélkül (2006)



4.5. ábra. Kína éves részletességű korfája a 2010-es census alapján<sup>8</sup>

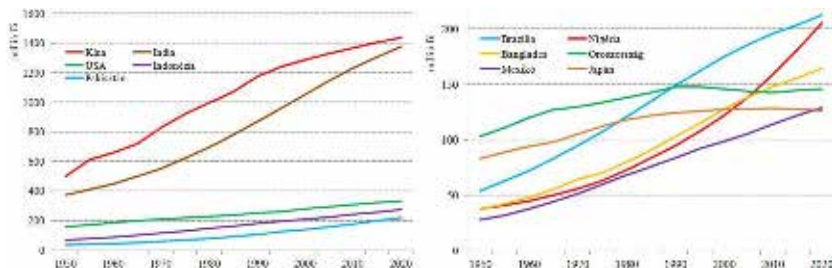
A legnépesebb országok népességnövekedési grafikonja (4.6. ábra) jól mutatja, hogy az egyébként is nagy népességű Kína és India népességgrobbanása az 1950-es évek elejétől gyorsult fel. Bár ez Kínában tömeges éhhalált is okozott, ennek szinte nyomát sem látjuk ezen az összegzett adatsoron, viszont a részletes korfa jól mutatja, hogy az éhínség főként a gyermekkorosztályt sújtotta. Az is jól látszik, hogy Kína drasztikus népesség-szabályozási programja alig törte meg a nagy népesség növekedést, hiszen az emberek a jobb életkörülmények miatt jóval tovább élnek.

Az előző országokhoz képest egy humanusabb népesedéscsökkentési programot valósított meg *Indonézia* (Földünk 4. legnépesebb országa), amely a kétgyermekes modellt hirdette, elsősorban a hatékony propagandára és társadalmi tudatosságra építve. A „két gyermek elég” programot számtalan eszköz, például utak melletti jellegzetes „reklámtáblák” hirdették – vegyes eredménnyel. A nagyvárosok képzettebb lakossága elfogadta a programot, de azoktól távolodva az idézetben szereplő szám csak növekedett a gyakorlatban. Mindettől függetlenül Indonéziát (és rajta kívül Thaiföldet is) olyan országnak tartják, ahol a népességszabályozás nagyobb társadalmi feszültségek nélkül zajlott.

*Japánban* a népességnövekedés ütemének csökkenése a gazdasági fejlődés következményeként következett be. Az ország a II. világháború utáni nagy gazdasági növekedéssel együtt olyan jelentős társadalmi változáson is keresztülment, amely alapjaiban hatott a népesedési viszonyokra, s napjainkban a japán népmozgalmi adatok nagyon hasonlóak a nyugat-európaiakhoz.

<sup>8</sup> Az ábra forrása: <http://www.visualcapitalist.com/the-chinese-growth-engine-is-sputtering/>  
Az ábrán tragikusan látszik az 1950-es évek végi éhínség.



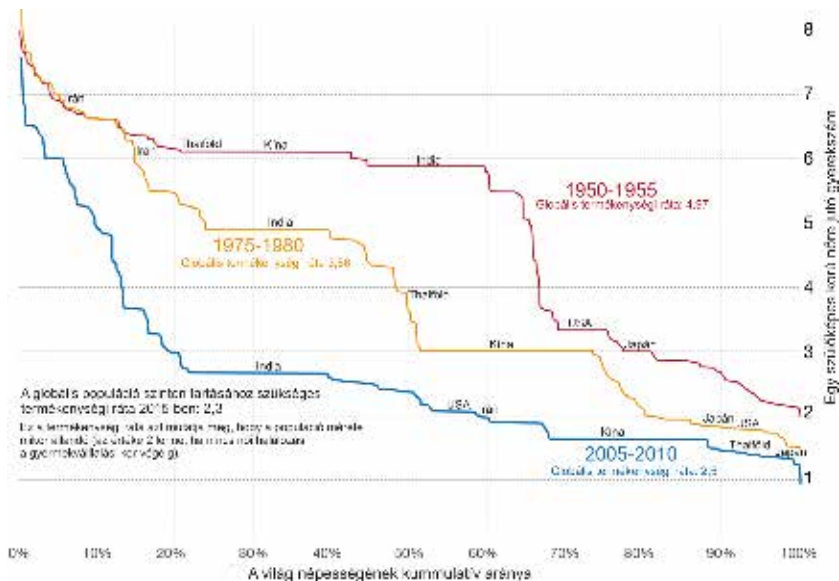


4.6. ábra. A legnagyobb népességű országok népességszámának változása 1950–2020 (Az adatok forrása UNDP)

Több fejlődő országban a népességnövekedést erőszakos eszközökkel próbálták fékezni. Sokszor például a (fejlett országokból érkező) humanitárius segélyek egyik feltételének szabták a születésszám-csökkenését, így nem voltak ritkák a kierőltetett meddővé tételek, erőszakos abortuszok – sőt egyes országokban időszakonként ebben merült ki az ingyenes egészségügyi ellátás.

A népesedési problémákkal küzdő országok nagyobb része nem, vagy alig tett valamit, aminek a népességyarapodás további folytatódása lett az eredménye. Igaz, ezen országok egy része nem tehetetlenségből nem cselekedett. Azt gondolom, mielőtt bárki is elítélné őket, nagyon tanulságos megnézni az ő szemszögükből is a helyzetet. Érvelésük szerint például a fejlett országokban ma lényegesen jobban élnek, mint száz évvel ezelőtt, pedig lényegesen többen vannak, mint akkor. Egy nagyobb, de jól megszervezett népesség – analógiájuk szerint – jobban élhet. Példával bizonyítják azt is, hogy a korábban terméketlennek nyilvánított földjeik, megfelelő agrotechnikával (és jelentős tőkebefektetéssel) ma már gazdaságosan művelhetők. Nagy kérdés, hogy igazukhoz találnak-e megfelelő támogatókat.

A gazdasági növekedés, a sokkal nagyobb tájékozottság (a tv és az internet korábban bemutatott elterjedése miatt), valamint az előbb leírt erőszakos népességszabályozás következményeként Földünk lakosságának  $\frac{1}{4}$ -ét érintően nagyon látványosan csökkent a nők termékenységi mutatója (5-ről 2,5-re). Amíg az 1950-es évek elején még a világ népességének 60%-ánál egy szülőképes korú nőre hat gyermek születése jutott, a 2000-es évek elején a  $\frac{1}{4}$ -énél ez az érték 2,5-nél kevesebb (4.7. ábra). Kínában 1,6-ra, Indiában pedig 2,6-ra csökkent. A társadalmi tudatosság változását mutatja, hogy az utóbbi évtizedekben az előzőeken túl több jelentős népességű országban rövid idő alatt csökkent 6-ról 3 alá az egy nőre jutó születésszám: Iránban 10 év alatt (1986–1996), Dél-Koreában 18 (1960–1978), Bangladesben 20 (1982–2002) év kellett hozzá.



4.7. ábra. Az egy nőre jutó gyermekszám (termékenységi ráta) a Földön (1950–2010)  
(az OurWorldinData ábrája alapján egyszerűsítve<sup>9</sup>)

Földünk lakosságának átlagéletkora 2020-ban 31 év körül alakul, azaz a jelentősen csökkenő születésszám mellett is (ami már az utóbbi évtizedekben a Földünk nagy részén tapasztalható) a jövőben jelentősen tovább fog nőni a népesség (4.1. táblázat). Bár az országok nagyobb részét a népesség növekedése jellemzi, Európa keleti felén tartós népességsökkenés tapasztalható az 1990-es évek eleje óta, sőt Magyarországon már az 1980-as évek eleje óta. Ezekben az országokban az alacsony születési számokhoz esetenként jelentős kivándorlás társul.

<sup>9</sup> A részletes ábra elérhető: <https://ourworldindata.org/fertility-rate>

4.1. táblázat. A Föld népesedési jellemzői nagy régióként 2020-ban  
(Forrás: worldometers.info)

Kontinens	Népesség (millió fő)	Évi válto- zás (%)	Évi válto- zás (millió fő)	Népsűrűség (fő/km <sup>2</sup> )	Termé- kenységi ráta	Migráció (millió fő)	Átlag életkor (év)
Ázsia	4641	0,86	39,7	150	2,2	-1,73	32
Afrika	1341	2,49	32,6	45	4,4	-0,46	20
Európa	748	0,06	0,5	34	1,6	1,06	43
Latin- Amerika és a Karibi térség	654	0,90	5,8	32	2,0	-0,52	31
Észak- Amerika	369	0,62	2,3	20	1,8	1,20	39
Óceánia és Ausztrália	43	1,31	0,5	5	2,4	0,16	33

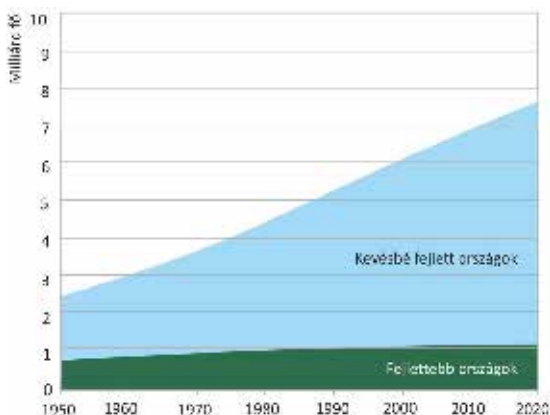
## 4.2. A világ demográfiai megosztottsága

A II. világháború után a Föld országait „fejlett” és „fejlődő” kategóriába sorolták (kb. ötöde számított fejlettnek) – s földrajzilag aránylag könnyen meg lehetett a határt húzni a két csoport között.<sup>10</sup> A gazdasági fejlettségi különbség egy ideig a demográfiai viszonyokban is jól tükröződött: egyik oldalon a lassan vagy egyáltalán nem növekvő népességű fejlett országok voltak (állandóan javuló életszínvonallal), a másikon pedig azok az országok, ahol a lakosságszám gyorsan növekedett, s ezzel együtt az életfeltételek romlottak vagy stagnáltak. A két csoport között szinte alig volt átmenet.

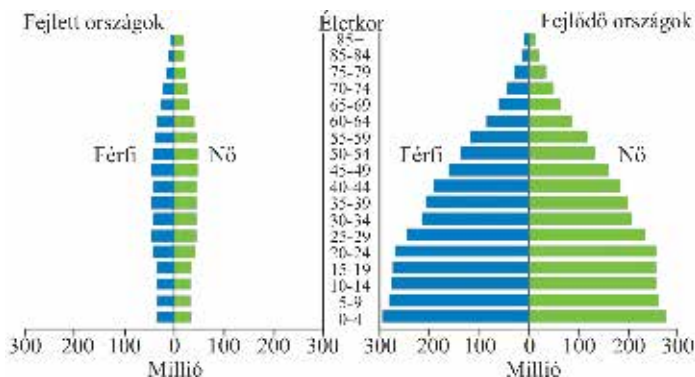
Az 1980-as évtizedtől a világot gazdaságilag megosztó határvonal földrajzilag bonyolultabb lett. A nyersanyag árrobbanás következtében több korábban fejletlen ország szinte egyik pillanatról a másikra a gazdaságilag fejlett kategóriába került (ha a nagy olajbevételeket jól használták fel). Az egyes országokban elkezdett népesség-szabályozási kísérletek és a meginduló gyorsabb gazdasági növekedés jelentősen megváltoztatták a korábban kialakult népesedési szokásokat, ami sok országban demográfiai fordulatot hozott (ahogyan az előző fejezetben láttuk). Összességében azonban az elmúlt negyedszázadban az eltérő népesedési ütem miatt jelentősen megváltoztak a fejlett és fejlődő térségek közötti népességi arányok (4.8. ábra), így napjainkban a hagyományosan fejletlenebbnek tekintett régiókban él a népesség legalább 4/5-e. A két csoport nem csak méretében, hanem demográfiai szerkezetében is lényegesen

<sup>10</sup> Sokáig elkülönítettek egy harmadik csoportot (a tervgazdaságot követő szocialista-kommunista országokat) is.

különbözik (4.9. ábra)<sup>11</sup>. A fejlettebb régiókban a fiatalabb népesség kisebb, ami a jövőben gondot okozhat a társadalom fenntarthatóságában. A fejletlenebb régiókban viszont napjainkban egy kisebb kereső korosztálynak kell eltartani a sokkal népesebb fiatal és az egyre tovább élő idősebb népességet is.



4.8. ábra. Népesség változása a fejlett és a fejletlenebb térségekben 1950–2020  
(Forrás: UNPD)



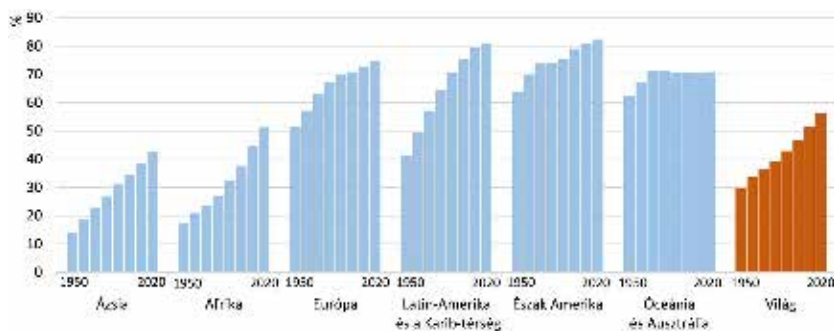
4.9. ábra. A fejlett és fejlődő országok korfája 2010-ben (Forrás: UNPD 2011)

<sup>11</sup> Az egyes országok, vagy ország csoportok népességének korosztályonkénti megoszlásáról a <https://population.un.org/wpp/Graphs/> címen találunk aktuális adatokat.

### 4.3. Városi és nagyvárosi növekedés

A népességváltozás, illetve annak területi eloszlása egy országon belül is okozhat problémákat. Sokáig a városi népesség növekedését a társadalmi fejlődéssel össztartozó, kedvező természetes folyamatként értékeltük. Ez az álláspont az utóbbi évtizedekben némileg módosult ugyan, de elfogadható, ha az a társadalmi-gazdasági folyamatokkal szerves egységben alakul. A fejlődő országokban lezajló városi növekedést azonban aligha nevezhetjük szokványos folyamatnak. 1920 és 1985 között a harmadik világ országainak városi népessége megtízszereződött, 100 millióról 1 milliárdra nőtt, majd 2015-re már majdnem elérte a 3 milliárdot is. A folyamat azonban még messze nem zárult le. A Földünk egészét tekintve 2008 óta a városi népesség átlépte az 50%-os határt (2018-ban már 54,9% volt), de egyes térségek városi növekedése továbbra is jelentős marad, hiszen például Afrikában 40,6%, Ázsiában pedig 49,6% volt (4.10. ábra). Ugyanakkor érdekes megfigyelés, hogy Ázsiában a nagyvárosi növekedés ellenére az utóbbi néhány évben csökkent a városi népesség aránya, aminek hátterében a falusi térségek jóval nagyobb népegszaporulata állhat.

A kontinensek közötti területi összehasonlításban megfigyelhető, hogy Latin-Amerika 1990-től már megelőzte Európát az urbanizációs folyamatban, az óceániai térség pedig 1970 óta stagnál. Természetesen az egyes kontinenseken belül is lényeges különbségek vannak, amiben történelmi, gazdasági vagy környezeti különbségek játszanak szerepet.



4.10. ábra. A városi növekedés mértéke a Földön (az adatok forrása WUP 2015)

A városi növekedéssel párhuzamosan zajlik egy nagyvárosi növekedés is. 1940-ben a Föld lakosságának csak 1%-a élt milliós városban, 1980-ban már minden tizedik, 2000-ben pedig már minden hatodik ember. 2016-ben a milliós városok száma 512 volt, és 31 olyan város volt, melynek lakosságszáma meghaladta a 10 milliót, ebből 23

az egykor fejletlennek tartott országok közé tartozott. 1950-ben a legnépesebb város, New York lakossága 12,3 millió volt, 2016-ban a 21. helyen álló Los Angeles népessége volt ennyi. 2018-ban már 8 húszmilliónál népesebb város volt (az élen a sorrend: Tokió 38, Delhi 29, Sanghaj 26 millió).<sup>12</sup> Ez a világvárosi növekedés megállíthatatlannul folytatódik, hiszen 2018-ban a városi népesség 22%-a már milliós, további 21%-a pedig legalább ötmillió városban lakik (4.11. ábra).

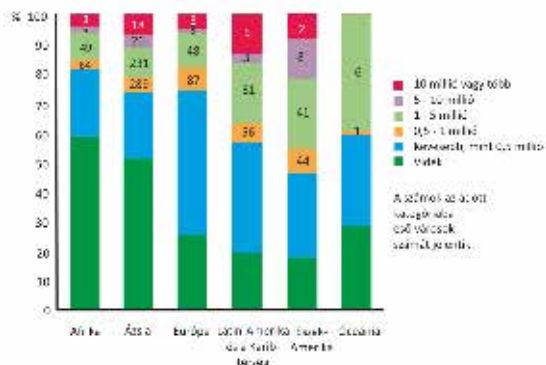
A probléma azonban nem is a városi, nagyvárosi növekedéssel van, hanem annak gyakran hiányos feltételeivel. A fejlődő országokban végbemenő városodási folyamatra nincs történelmi példa. Azt a népességnövekedési ütemet, amit a fejlett nyugati nagyvárosok bő évszázad alatt produkáltak, a harmadik világ nagyvárosai egy emberöltő alatt elérik. A következmény pedig az, hogy a nagyvárosok egy része (amelyek korábban a fejlődés motorjai voltak) nem tudja szükséges ütemben fejleszteni az infrastruktúrát, illetve nem tudja a városi szolgáltatások színvonalát fenntartani. Sokfelé nem áll rendelkezésre elegendő vezetékes víz, nincsenek higiénikus WC-k, hiányos a csatornázás, komoly gondok vannak a közlekedésben, akadozik a szemétszállítás, a hulladéklerakók komoly környezeti veszélyt jelentenek. Sok afrikai országban, de Ázsiában Indiában és Indonéziában is, még a városi népesség egy része is szabadban kénytelen a „dolgot végezni.” A probléma fontosságát mutatja (4.12. ábra), hogy 2002 óta Toalett Világkonferenciákat rendeznek. Egy 2015-ben készített felmérés szerint India 1,2 milliárd lakosának kevesebb, mint egyharmada-fele használt WC-t, és évente több mint 186 ezer öt év alatti gyerek hal meg hasmenéses betegségekben. Azóta az indiai kormány 2014 és 2019 között 30 milliárd dolláros higiéniai fejlesztéssel 110 millió WC-t létesített, a lakosság azonban lassan alkalmazkodik a kedvezőbbé vált helyzethez.<sup>13</sup> Bár a helyzet a világ más országaiban is javult (erről interaktív térképek segítségével is meggyőződhetünk<sup>14</sup>), de a vidéki népességet továbbra is fokozottan érinti a probléma. A megfelelő higiénia még a fejlettebb térségekben is gondot jelent, csak más szinten. Példaként említhetjük azt a 2019. végi romániai tudósítást, miszerint közel 1200 iskolában csak udvari WC van, és az utóbbi évek javulása ellenére még a lakosság több, mint negyedének otthonában nincs WC a falakon belül.<sup>15</sup>

<sup>12</sup> Az urbanizációs folyamatokról például részletes statisztika a *World Urbanization Prospect 2018 Revision* kiadványban: <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>, vagy a [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf) kötetben.

<sup>13</sup> <https://edition.cnn.com/2019/10/05/asia/india-modi-open-defecation-free-intl-hnk-scli/index.html>

<sup>14</sup> A <https://ourworldindata.org/water-access-resources-sanitation> címen az időskálát 2000 és 2015 között változtathatjuk a könyv készítésekor.

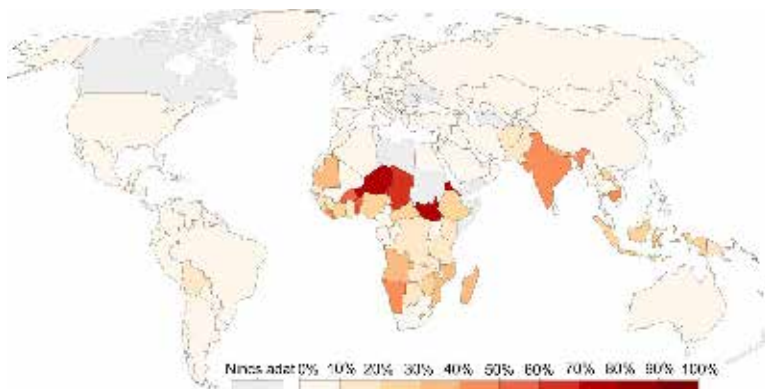
<sup>15</sup> <https://foter.ro/cikk/meg-mindig-meghaladja-az-ezret-az-olyan-iskolak-szama-ahol-hiaba-keresenk-az-epuletben-a-vecet/>



4.11. ábra. A népesség megoszlása a városok mérete alapján kontinensenként 2016-ban  
(Forrás: UN DESA 2016 felhasználásával)

A nagyvárosi növekedés különös megnyilvánulása a kb. 7 km átmérőjű „holtak városa” Kairóban (City of the Dead, vagy Kairói Necropolis). Itt a helyhiány miatt a növekvő népesség szegényebb része két hatalmas temetőt vett birtokba a 20. század közepétől. Az egykori kriptákban napjainkban már mintegy félmillió ember él.

A légszennyezettség is leginkább a fejletlen régiók nagyvárosaiban a jelentős (a témával részletesebben a 5.5. fejezetben foglalkozunk). A nagyvárosi növekedés nemcsak magukban a városokban, hanem környezetükben is károkat okoz. Például az 1980-as évek eleji energia-árrobbanás után India kilenc legnagyobb városa körül száz kilométeres körzetben drasztikusan csökkent az erdőállomány, a tűzifához való visszatérés miatt.



4.12. ábra. A szabadban szélkező lakosság aránya a Föld országaiiban 2015  
(Forrás: az OurWorldinData ábrája alapján)

A kedvezőtlen jelenségeket vég nélkül lehetne sorolni. A fejlődő országok rohamos városi növekedése több okra vezethető vissza. A nagy természetes szaporodás és a gazdasági nehézségek miatti városba menekülés, az okok jól magyarázható oldalát jelentik. Sajnos azonban az érdekelt kormányok is - a bajt időben nem felismerve - sokszor politikai és presztízs okokból szinte ösztönözték a folyamatot. Például Sao Paulo az elmúlt száz évben kiemelt állami támogatásban részesült, így fordulhatott elő, hogy bár Brazília lakosságának csak 10%-a élt itt az 1980-as évek elején, az elektromos energia 44%-át használták, s itt összpontosult az ipari termelés és a munkahelyek fele is.

A harmadik világ kormányai sokszor a nagyvárosokat részesítették előnyben a vidék rovására. A túlzott városi növekedés gyakran aránytalanul nagy költségeket jelent ezekben a gazdasági nehézségekkel küzdő országokban. Az észszerű erőforrás-megosztás mind gazdasági, mind környezeti oldalról előnyösebb lenne. Jó példaként Kína említhető, ahol a bevándorlások korlátozásával sikerült a városok növekedését némileg lassítani, és ezzel párhuzamosan a mezőgazdasági befektetésekkel, nagyszabású agrárreformmal igyekeztek azonos szintre hozni a falusi és városi jövedelmeket. Bár a kínai példa nem mindenütt másolható, a hatékony állami beavatkozás sikerét tanúsíthatja.

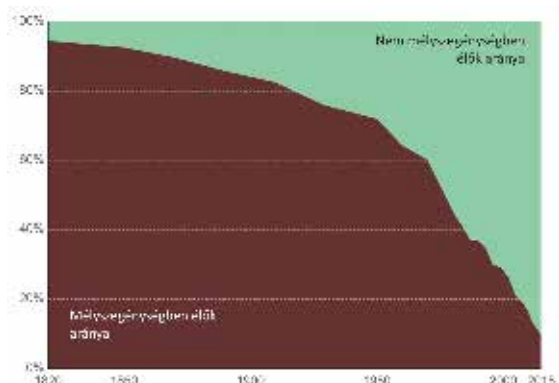
## 4.4. Növekvő jövedelmi különbségek az emberek között

Földünk gazdasági fejlődésével ugyan csökkent az éhezők aránya – számuk azonban látványosan nem. Bár 25 év alatt 200 millió fővel csökkent az éhezők száma, az utóbbi néhány évben azonban ismét emelkedni kezdett. 2015-ben mintegy 795 millió ember volt alultáplált 2018-ra ez 821 millió főre emelkedett. Az extrém szegénységben<sup>16</sup> élők száma viszont mind arányában, mind számában jelentősen visszaesett (4.13. ábra). A 19. század elején még a népesség több, mint 9/10-e élt mélyszegénységben, 1950-ben is 72% volt arányuk, majd ez 2000-re 29%-ra, 2017-re pedig 9%-ra csökkent.

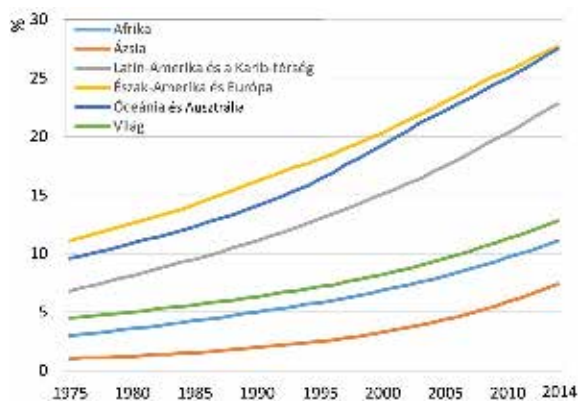
---

<sup>16</sup> Extrém szegénységben élőknek tekintik azokat, akik naponta kevesebb, mint 1.90\$-ból élnek.





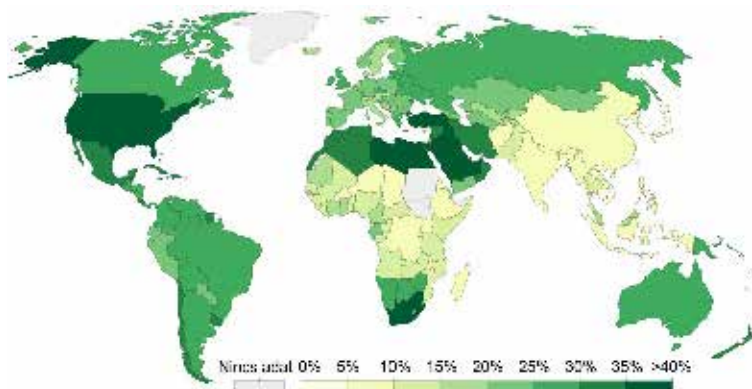
4.13. ábra. Az extrém szegénységben élők arányának változása a Földön 1820-2015 között (az adatok forrása a Worldbank, az OurWorldinData ábrája alapján)



4.14. ábra. Elhízottság lakosság aránya kontinensenként 1975-2014 (%) (az adatok forrása a FAO, az ábra az OurWorldinData ábrája alapján készült)

Furcsa kontraszt, hogy az éhezés mellett az emberiség egyre nagyobb arányban elhízott. Észak-Amerikában és Európában az utóbbi tíz évben a népesség több, mint negyede elhízott, de az éhezéssel leginkább sújtott Afrikában is már 10% fölött van ez az arány, és minden kontinensen jelentősen növekszik (4.14. ábra). A férfiak az USÁ-ban a leginkább elhízottak, viszont Észak-Afrikában, a Közel-Keleten és Dél-Amerikában a nők nemcsak kövérebbek, de a férfiaknál 5-15%-kal nagyobb arányban érin-

tettek az elhízásban (4.15. ábra)<sup>17</sup>. Egy 2020 decemberi hír szerint a bő hatvan éve még tömeges éhhalállal sújtott Kínában napjainkra már a felnőtt lakosság több mint fele túlsúlyos, vagy elhízott, de Katarban ez az érték már a 70%-ot is meghaladja.<sup>18</sup>



4.15. ábra. A női népesség túlsúlyossága a Föld országaiban 2016-ban (Ritchie and Roser 2017 elemzése, az ábra az OurWorldinData ábrája alapján készült)

Az emberek jövedelmi viszonyai között is óriási mértékben nő a szakadék. A szegénység felszámolásáért dolgozó szervezet, az *Oxfam International* hosszabb idő óta készít elemzéseket a leggazdagabbak és a legszegényebbek jövedelmi helyzetéről. 2016-ban a szervezet még arról számolt be, hogy a világ 61 leggazdagabb emberének annyi vagyona van, mint a szegényebb felének. A részletesebb elemzések azonban időközben feltárták, hogy a legszegényebb rétegek vagyonát jelentősen túlbecsülték (a gazdagabbak vagyona viszont jól követhető). Ennek eredményeként azt állapították meg, hogy 2017 elején a világ nyolc leggazdagabb emberének akkora a vagyona, mint a legszegényebb 3,6 milliárdnak (véltetően ezt az arányt is fenntartással kell kezelnünk). Az adatok szerint azonban csak a 2017-es évben az ötszáz leggazdagabb ember több, mint 1 trillió dollárral (közel 25%-kal) növelte vagyonát.

A 2017. januári Oxfam jelentés (Briefing paper)<sup>19</sup> – az előbbieket kiegészítő – fontosabb megállapításai a következők. Az emberiség 70%-a olyan országban él, ahol a megelőző 30 évben nőtték az egyenlőtlenségek. 1988 és 2011 között a legszegényebb

<sup>17</sup> Az <https://ourworldindata.org/obesity> címen interaktív térképeken nyomon követhetjük a változásokat 1975 és 2016 között akár nemek között is.

<sup>18</sup> <https://www.bbc.com/news/world-asia-china-55428530>

<sup>19</sup> [https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/file\\_attachments/bp-economy-for-99-percent-160117-en.pdf](https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/file_attachments/bp-economy-for-99-percent-160117-en.pdf)

10% jövedelme mindössze 65 dollárral nőtt személyenként, a leggazdagabb 1%-é viszont 11800 dollárral. A 2016-ban keletkezett vagyon 80%-a a leggazdagabb 1%-ot gyarapította, a népesség szegényebb felének pedig semmi sem jutott. A következő húsz évben 500 gazdag ember várhatóan 2,1 trillió dollárt hagy örököseire, ami majdnem annyi, mint India jelenlegi GDP-je. Egy másik elemzés is az mutatta, hogy az elmúlt 30 évben a Földünk szegényebb felének jövedelme nem változott, a legmagasabb jövedelmű 1% pedig háromszorosára tudta növelni azt.

A Föld lakosságának életkörülményeiben meglevő különbséget a korábban már említett kiadvány (Overdevelopment, Overpopulation,..<sup>20</sup> 52. oldalán) fotója szemléletesen illusztrálja. Sao Paulo egy szegényebb városrésze (de nem nyomornegyede) fallal különül el a gazdagabbak toronyházas lakótelepétől, ahol minden erkélyen van úszómedence és zöld terület, a házak között pedig sportpályák és uszoda.

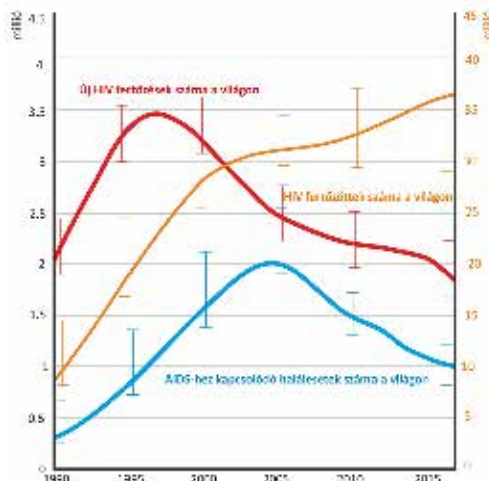
## 4.5. Fertőző betegségek, járványok

A korábbiakban már utaltunk rá, hogy a járványok visszaszorulása alapvető tényezője volt a gyorsuló népességnövekedésnek. A járványok visszaszorultak, de nem szűntek meg. Leginkább akkor figyelünk fel rájuk, amikor megjelennek, és egyfajta média-szenzációt jelentenek. A napi figyelem is inkább a háborúk, terrorcselekmények, közlekedési balesetek áldozataira irányul, pedig például az AIDS, a malária és a 2020-ban hozzájuk csatlakozó koronavírus napjainkban is külön-külön nagyobb számban szedi áldozatait, mint ez előbbieket együtt.

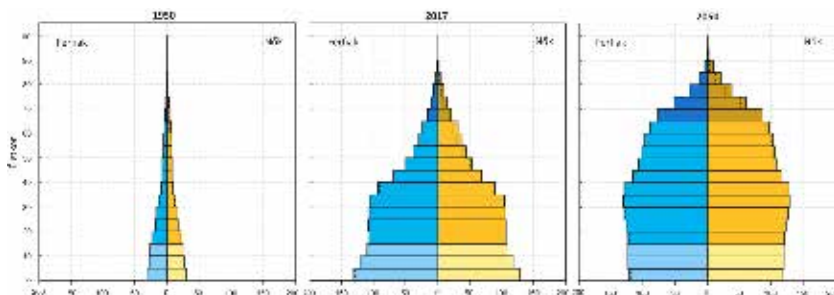
Az *AIDS* járványszerű megjelenése az 1980-as évek elején kezdődött és 1990-ben már közel 300 ezer ember halálát okozta évente. Az új megbetegedések száma 1997 táján, a halálesetek száma pedig 2005-2006-ban tetőzött, amikor évente közel 2 millió halt bele a betegségbe, de még 2016-ban is 1 milliónál több áldozatot szedett (4.16. ábra). A hatásos felvilágosító propagandának köszönhetően a járvány visszaszorulóban van, az orvostudomány eredményei pedig lehetővé tették, hogy a betegek jelentős része nem hal bele, hanem emberhez méltó módon tud élni. A korábban halálos betegséget 2016-ig mintegy 76 millió ember kapta el, és közülük kb. 35 millióan haltak meg. A betegség leginkább Afrika szub-szaharai országaiban pusztít (leginkább a kontinens legdélebbi országaiban), ahol a felnőtt népesség több, mint 10%-a érintett (2015-ben Botswana 22,2%, Dél-Afrikai Köztársaság 19,2%). Sajnos a Dél-Afrikai Köztársaságban és a nagy népességű Nigériában még mindig sok új megbetegedés tapasztalható (évente 380 és 250 ezer felett). A járvány okozta halálozások miatt, az

<sup>20</sup> A kiadvány elérhetőségét ismét megadjuk: <https://populationspeakout.org/the-book/view-book/>

egyébként nagy népességnövekedésű Botswana korfája erősen átalakult, korosztályonként (ez az ábrán 5 éves intervallum) akár 100-300 ezer fő is hiányzik, emellett a 2000 táján születtek várható élettartama mintegy 15-20 évvel esett vissza (4.17. és 4.18. ábra).

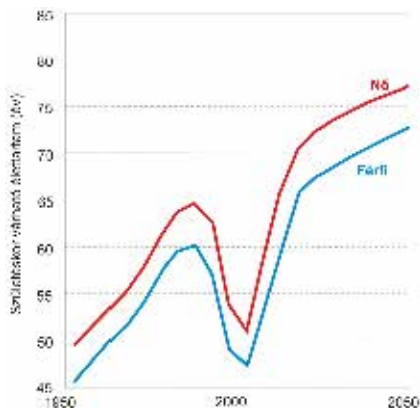


4.16. ábra. Az AIDS-es megbetegedések és halálozás 1990–2018  
(Forrás: az UNAIDS adatai és az OurWorldinData alapján kiegészítve)



4.17. ábra. Botswana AIDS következtében erősen módosult korfája (Forrás: UNDP21)

<sup>21</sup> A <https://esa.un.org/unpd/wpp/Graphs/DemographicProfiles/> címen országok és régiók demográfiai viszonyait bemutató korfákat és diagramokat is megtalálhatunk.



4.18. ábra. A születéskor várható élettartam Botswanában (Forrás: UNDP)

A malária a trópusi térségek „hagyományos” népbetegsége, akár évi több 10 vagy 100 millió megbetegedést is okozva. Megelőzéssel (a kórokozót terjesztő szúnyogok irtásával) és gyógyszerekkel nagy eredményességgel gyógyítható. A halálesetek száma ugyan visszaszorulóban van, de még így is több százezer ember halálát okozza évente. 2000-ben hozzávetőlegesen 840 ezer halt bele a betegségbe, főként Afrika középső területein. 2019-re a halálesetek száma 409 ezerre csökkent. A halottak 9/10-e Afrika veszélyeztetett térségeiben élt, és 2/3-uk 5 év alatti gyermek volt. Az elmúlt évtizedekben tapasztalt globális melegedés nyomán reális a veszélye annak, hogy a jövőben a korábban nem veszélyeztetett területeken is megjelenik a betegség – az azt terjesztő szúnyogok életterének növekedésével.

Azt már régebb óta sejtettük, hogy a *globalizációhoz kapcsolódó mobilitás miatt a rendszeresen megjelenő világjárványok alig kerülhetők el*. Azt azonban talán senki nem gondolta, hogy egy nem túl agresszív, de „ügyesen támadó” vírus, a Covid-19 „feje tetejére állítja a világot”. (Jelenlegi ismereteink szerint 2-5% körüli halálozási aránya jóval elmarad az Kongói Demokratikus Köztársaságban 2020 elején ismét megjelenő ebola 66%-os halálozási arányától<sup>22</sup>, ami szerencsénkre csak szűkebb régiót érintett, így a több, mint 2200 haláleset ellenére szinte nyoma sem volt a médiában.)

A koronavírus-járvány könyvünk lezárása idején tetőzése táján jár, és vélhetően több év kell tanulságainak levonására. Miután jelen sorok írója nem szakértője a témának, csak óvatosan meri megfogalmazni megállapításait. Ami megállapítható, hogy a Co-

<sup>22</sup> [https://www.who.int/news-room/detail/12-02-2020-statement-on-the-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee-for-ebola-virus-disease-in-the-democratic-republic-of-the-congo-on-12-february-2020](https://www.who.int/news-room/detail/12-02-2020-statement-on-the-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-for-ebola-virus-disease-in-the-democratic-republic-of-the-congo-on-12-february-2020)

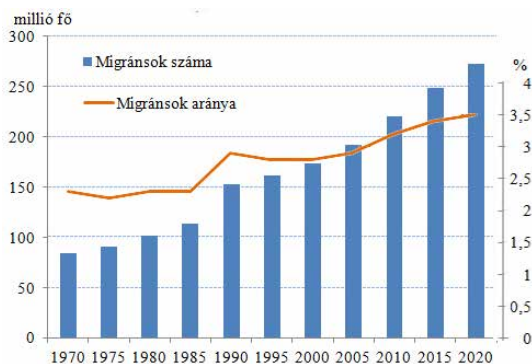
vid-19 járványt a globalizáció „tette naggyá”. 40-50 évvel ezelőtt egy Kínában kialakuló járvány aligha futott volna végig ilyen gyorsan és ilyen mértékben a világon az ország zárkózottsága miatt, de a légiközlekedés más intenzitása (a globális utasszám 2010 és 2019 között 73%-kal nőtt) miatt sem. A vilá járvánnyá fejlődéshez (a vírus genetikai sajátosságain túl) több kedvezőtlen tény is hozzájárult. Az influenza szezon elején jelentkezett (néhány hasonló tünettől), halálozási aránya jóval elmaradt a H1N1 vagy az ebola „hatékonyságától”, így 1-3 hónap kellett ahhoz, hogy felismerjék, hogy egy korábban nem veszélyes vírus támadta meg az embereket, amit legalább egy hónapos titkolózás követett. Ez az idő már arra is elegendő volt, hogy a világ távoli tájaira is eljuthasson, még mielőtt Kínában komoly területeket vontak karantén alá. Más, agresszívabb vírusokat gyorsabban fel tudtak ismerni, és lokalizálni. Vélhetően ennek is fontos szerepe volt annak, hogy az országok későn fogták fel, hogy le kell zárni a személyforgalmat Kína vonatkozásában. Ez nagyon kemény és „átrágandó” politikai döntés volt. Ez volt az első „eldölt dominó”, amit a járvány terjedésével párhuzamosan sorban számtalan követett. Így jutottunk el odáig a globalizálódó világban, hogy az országok sorra „bezárkóztak”. Ennek során nemcsak az EU-n belüli határázár éledt fel, de korlátozták több felé az országokon belüli mozgást is (például Ausztrália északi területeit is „lezárták”). Igaz, a globalizált életünk az áruforgalmat kikényszerítette, de a nemzetközi turizmus (és a hozzá kapcsolódó ágazatokat) padlóra került, emellett csökkent az ipari termelés, ezzel csökkent a légszennyezés illetve a migráció visszaesésével is járt. Sajnos néhány hónap után az is kiderült, hogy a Covid-19 alig érzékeny a klimatikus változásokra, így csak orvostudomány segítségével bízhatunk.

A járvány terjedésének iránya és intenzitása is sok tapasztalattal járhat. Kína diktatórikusabb berendezkedése nagyon határozott intézkedéseket tett lehetővé. Tartós karanténba zárt sokmillió térség árán sikerült korlátozni a vírus terjedését, és szinte hihetetlen, de 2020 végén Kína már csak a 80. hely táján járt a hivatalos fertőzöttségi listán. Ugyanakkor a demokratikusabb országokban a lakosság sokkal fegyelmeztebb, és volt ahol az első számú vezető (pl. USA, Brazília) nyilvánosan lebecsülte a járvány szerepét – ez meg is látszott annak elszabadulásában. Volt, ahol a tudatlanság (például Indiában a kezdetekkor az egészségügyi személyzet elleni erőszakos fellépések), máshol az infrastrukturális hiányosságok (egészségügy fejletlensége, az egészséges víz hiánya) vagy a nagy népsűrűség akadályozta a járvány elleni hatékony fellépést.

Az már látszik, hogy az életünk hosszú ideig „nem lesz a régi”. A terrorizmus után egy még láthatatlanabb tényező korlátozza a globális közlekedést. Igazán csak abban bízhatunk, hogy az egészségügy további fejlődése vélhetően kordában tudja tartani a későbbi járványok pusztításának mértékét.

## 4.6. Nemzetközi migráció

A migráció egyidős az emberiséggel, hiszen mai ismereteink szerint a homo sapiens Afrikából kiindulva népesítette be Földünket. Ha belegondolunk, Amerikát sem Kolumbusz fedezte fel, hiszen számos népcsoport élt mind Észak-, mind Dél-Amerikában érkezését megelőzően. Az egykori őslakosok leszármazottjai ma már egy népi társadalom kezdetét látják Amerika „felfedezésben”, ennek okán például 2004-ben Venezuelában ledöntötték Kolumbusz szobrát, majd 2005-ben Pizarro szobrát is eltávolították a perui főváros, Lima egyik központi teréről. Az USA mai népességének döntő része is migráns<sup>23</sup> eredetű.



4.19. ábra. A nemzetközi migráció számának és a népességhez viszonyított arányának alakulása 1970–2020 (Forrás: IOM<sup>24</sup>)

A nemzetközi migráció a globalizáció része, annak felgyorsulásával szintén gyorsul, és gyorsabban nő, mint a világ népessége (4.19. ábra). 1970 és 2017 között a migránsok létszáma, több, mint háromszorosára nőtt, részarányuk a népességből eközben 2,3%-ról 3,4%-ra emelkedett. A vándorlást ösztönzik a kiteljesedő gazdasági-kereskedelmi kapcsolatok, a közlekedés új dimenziói, a gazdasági válságok miatti megélhetési lehetőségek keresése, az egyre szélesebb körű tájékozódási lehetőségek, vagy a háborúk, számos egyéb hatással kiegészülve.

Ha a migráció okait megpróbáljuk rendszerezni, akkor több okot, és ezek kombinációját nevezhetünk meg.

<sup>23</sup> Definíció szerint a nemzetközi migráns az olyan személy, aki a születési országától eltérő országban él.

<sup>24</sup> Részletes helyzetértékelések a migrációs folyamatokról elérhetők: [https://publications.iom.int/system/files/pdf/wmr\\_2018\\_en.pdf](https://publications.iom.int/system/files/pdf/wmr_2018_en.pdf), [https://publications.iom.int/system/files/pdf/wmr\\_2020.pdf](https://publications.iom.int/system/files/pdf/wmr_2020.pdf)

*Gazdasági migráció.* Ennek jellemzője a megélhetésért, jobb életfeltételekért történő vándorlás. Az ilyen jellegű migráció felgyorsulásában óriási szerepe van az információ globalizációjának. Régen legfeljebb újságcikkekből, levelezésből, hazatérő rokontól-baráttól tájékozódhattak az „új világban” rejlő „csodás” lehetőségekről. Napjainkban viszont a szinte mindenki számára elérhető televízió és internet a fogyasztási csodák széles választékát mutatja, így fogyasztásra ösztönöz – ami sokszor helyben reménytelen.

*Menekült.* Jellemzően háborús helyzet, faji, vallási vagy nemzetiségi megkülönböztetés elől a személyi biztonság, gyakran az életben maradás érdekében történő mozgás. Számos esetben ráadásul ez nem is önkéntes, gondoljunk csak népcsoportok fegyverrel való elűldözésére (ruandai mészárlás, dél-szláv háború, a II. világháborút követő erőszakos népességcserék, vagy a közelmúltban történt myanmari népirtás).

*Környezeti menekültek.* Természeti vagy környezeti katasztrófák által kikényszerített népességmozgás. Ilyen volt például a görög szigetvilágban a minószói kultúrát is megsemmisítő Szantorini szigeti vulkánrobbanás, és az általa elindított cunami. De okoztak ilyet óriási aszályok, sivatagosodás, sáskajárás vagy járványok, stb. A jövőbe tekintve a klímaváltozás miatti megélhetési problémák, a vízhiány, hosszabb távon pedig a tengerszint emelkedése is kényszerítő tényező lehet. De az ember további problémákat is okozhat: talajdegradáció miatti terméketlenség (talajerózió, elszikesedés), atomrobbantások (Bikini sziget) vagy atombalesetek utáni sugárterhelés (Csernobil) stb.

*Egyéb.* A fenti fő okok mellett számos egyéb, esetenként inkább csak kisebb csoportokat mozgásba hozó okot találhatunk. Ilyenek például: családi kapcsolatok (nemzetközi házasságok, családegyesítés), oktatás, tudományos, művészeti, sport, katonai tevékenységhez kapcsoló – eredetileg időszakosnak tervezett – ország váltások. Nagyobb tömegeket mozgatnak meg olyan politikai döntések, amikor például országhatárok megváltoztatása miatt egy népcsoportot megosztanak, így egy részüket az új határ elválasztja az anyanemzettől, ami később vándorláshoz vezethet. Talán legszélsőségesebb példája az ilyen „igazgatási migrációnak” Kárpátalja helyzete, ami 1919 és 1991 között 5 országhoz is tartozott, így a népesség anélkül, hogy helyet változtatott volna, többször lett migráns.

A hétköznapi nyelvhasználatban a migráns és a menekült fogalmat gyakran szinonimként használják. Ez azonban megtévesztő, hiszen ugyan minden (nemzetközi) menekült migráns, viszont nem minden migráns menekült. A fenti csoportosítás nem tartalmaz merev határokat, ezek az okok az életben több módon összekapcsolódhatnak, és az egyes csoportokba való besorolás is sokszor bonyolultabb. A gazdasági migráció meghatározása tűnik a legegyszerűbbnek, de például az 1840-as évek közepi írországi burgonya vész következményei jól mutatják az összetettséget. Egy környezeti probléma (a burgonyát megtámadó gombás fertőzés) Európa 19. századi legna-



gyobb éhségkatasztrófáját okozta: egymillió ember halt meg, és a következő években 2 millió ember vándorolt ki. Az országot rövid idő alatt elhagyók környezeti, a későbbiek már inkább gazdasági menekültnek tekinthetők.



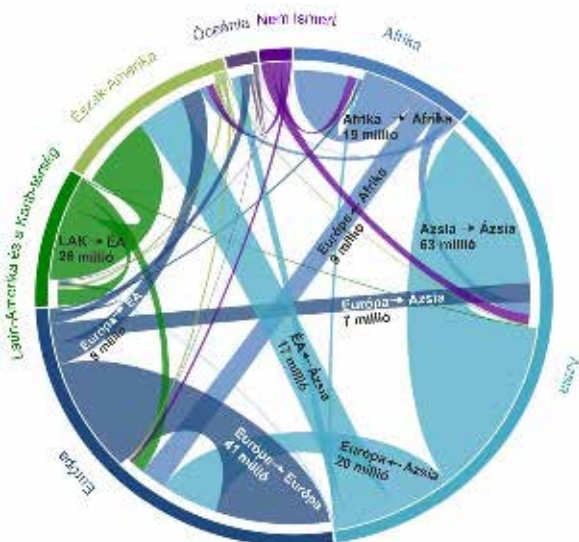
4.20. ábra. India és Pakisztán kivilágított határa a Nemzetközi Űrállomás (ISS) 2015. szeptember 23-i felvételén<sup>25</sup>

A nemzetközi migrációt napjainkban gyakran szeretik úgy beállítani, mint ami komoly veszélyt jelent a célországokra. A helyzet azonban ennél sokkal bonyolultabb. Az egykori gyarmattartó országok, gyakran voltak a migráció célpontjai. Az anyaország így jutott olcsó, „az alja munkát is elvégző” munkaerőhöz. Franciaország vagy az Egyesült Királyság színes bőré jórészt ilyen kapcsolatok eredménye, s ez a bevándorló népesség mára már a befogadó országot tartja hazájának (leglátványosabb ez az iménti országok sportolói körében). Németország többmillió török népessége is egy 1960-as években indult időszakos migráció eredménye. Az USA népességének zöme külföldi eredetű. Az oda irányuló bevándorlás folyamatos, a népességnövekedés fontos mennyiségi és minőségi tényezője. Az USA például sok, a II. világháború előtti zsidóüldözések miatt elmenekülő kiemelkedő tudóst fogadott be, akik nagy szerepet játszottak az ország sikerességében. A napjainkban is működő „vízum lottó” szemléletesen mutatja az ország migrációhoz való nyitottabb viszonyát, még akkor is, ha ez számos problémát okoz. Kétségtelen tény azonban, hogy az utóbbi évtized Eu-

<sup>25</sup> A felvétel elérhetősége: <https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=86725>

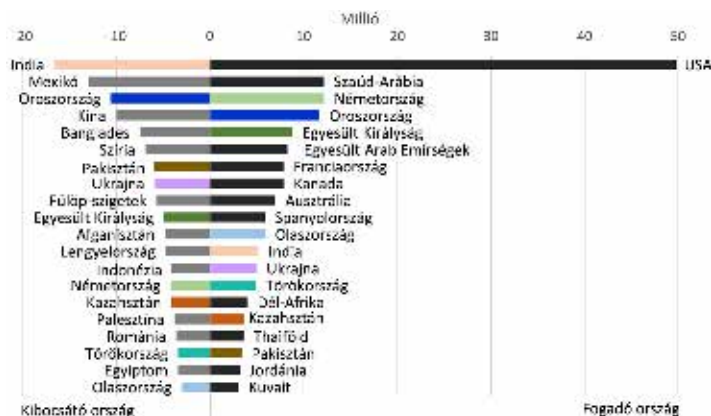
rópába irányuló tömeges migrációja jelentős feszültséget okoz a fogadó országokban, hiszen a humanitárius segítség mértéke nem ritkán nagyobb, mint a helyi szegényebb rétegek jövedelme. Ezen túlmenően a migránsok egy részének viselkedése, a közöttük megjelenő bűnözők és terroristák pedig valós fenyegetést jelentenek a befogadó társadalmakban.

A migráció azonban számos társadalmi kockázattal is jár. A befogadó országba érkezők jelentős része az alacsonyabb jövedelmi kategóriába tartozik, és többnyire rosszabbul fizető munkákat kap (ha egyáltalán el tud, vagy el akar helyezkedni). Ez csökkenti az integrációjuk esélyét, ami pedig társadalmi feszültségekhez vezethet. Az „egyszerű” migránsok között gond nélkül elvegyülhetnek a bűnözők (pl. az USA-ban korábban az olasz, Európában az 1990-es évektől az orosz, ukrán, albán, stb. maffia) és az utóbbi években a terroristák. Ezek a csoportok létszámban ugyan kisebbségben vannak, de az ilyenek alapján ítélik meg az egyébként nagyon heterogén embertömeget. A felgyorsult migráció ellen (annak káros hatásainak megelőzésére) az adminisztratív korlátozások eredménytelensége miatt több térségben fizikai korlátokat is kiépítettek. A Magyarországon felépített határkerítés nem egyedülálló a világban. India már korábban olyan kerítést épített a Bangladesssel és Pakisztánnal határos szakaszokon, hogy azok például éjszaka a világúrból is láthatók (4.20. ábra). A sors ironiája, hogy negyedszázaddal korábban éppen Magyarország volt az, ami a magyar-osztrák határon felszámolt – kivándorlást akadályozó – kerítéssel döntő szerepet játszott a német újraegyesítésben, és a Kelet-európai demokratikus folyamatok felgyorsításában.)



4.21. ábra. A nemzetközi migráció fő irányai (Forrás: UN 2017)

A 2017-es állapotok szerint 258 millió nemzetközi migránst tartottak számon. A migráció célterületei: Ázsia (80 millió fő), Európa (78 millió) és Észak-Amerika (58 millió). Fontos azonban megjegyeznünk, hogy ennek a migrációnak több mint fele kontinenseken belül történik. Ázsiában 63 millió, Európában 41 millió, Afrikában pedig 19 millió a kontinensen belüli vándorlás (4.21. ábra).



4.22. ábra. A nemzetközi migráció 20 legnagyobb célpontja és legnagyobb kibocsátó országa a 2017-es állapotok szerint (millió fő)(Forrás: UN 2017)

Ha országok szintjén vizsgáljuk a migrációt, akkor a befogadó országok között (2017-ig) az USA magasan vezet (49,8 millió), majd Szaúd-Arábia, Németország és Oroszország következik (12 millió körüli értékkel). A legnagyobb népesség kibocsátók jellemzően a legnépesebb országok közül kerülnek ki: India (16,6 millió), Mexikó (13 millió), Oroszország, Kína, Banglades (4.22. ábra). Hozzájuk zárkózott fel a polgárháború következtében Szíria (7 millió). Több országban a migráns népesség már arányában számottevőre duzzadt. Az Egyesült Arab Emírátságban 88,4%, Jordániában 35%, Szaúd-Arábia 32%, Svájcban 29,4%, Ausztráliában 28,2%, az USA-ban 15%. Ezen országok között azonban óriási a különbség. Az Egyesült Arab Emírségekben tartózkodó, hatalmas építkezéseken dolgozó gazdasági bevándorlók nem állandó letelepedők, bizonyos időközönként cserélődnek, és az építkezési csúcs későbbi visszaesésével számuk jelentősen csökkenni fog. Az USA, Svájc és Ausztrália inkább csábító végcél a bevándorlóknak. Jordánia pedig a „béke szigeteként” a Közel-Keleti menekültek (palesztinok, sírek) legközelebbi biztonságos célpontja a háborús körülmények elől menekülők számára.

A nemzetközi migrációs folyamatban jól meghatározható ország kapcsolatok jelölhetők ki (4.2. táblázat). Ha a hús legnagyobb kibocsátó és befogadó országot megvizsgáljuk, akkor azt láthatjuk, hogy közülük 9 mind a két csoportban érintett, és van, amikor kölcsönösség van. Sajátos helyzetet teremtett a Szovjetunió szétesése, ahol lényegében népességcserre zajlott/zajlik Oroszország és az utódállamok között, melyek közül mennyiségében kiemelkedik Ukrajna és Kazahsztán. Ez a folyamat azonban csak statisztikai „nemzetközi migráció”, hiszen etnikailag egységesebb országokat eredményez az azonos anyanyelvűek befogadása.

A nemzetközi migrációnak jelentős gazdasági következményei vannak. Ez jól látható fizikai megjelenésében például Dubai külföldi munkások által épített, gyorsan szaporodó toronyházaiban, és a – szemmel nem követhető – pénzforgalmi mozgásokkal. A gazdasági migránsok ugyanis szoros kapcsolatokat tartanak fent az anyaországukkal (hiszen sokszor a családjuk miatt mennek külföldre). 2016-ban a fejlődő országokba irányuló banki utalások nagysága mintegy 413 milliárd dollár volt. Ennek nagyságrendjét jól érzékeltetheti, hogy ezzel az összeggel az országok GDP ragsorában a 25. helyre lehetett volna kerülni. A banki utalások hosszabb idő óta az USA és Szaúd-Arábia gazdaságát érintik leghátrányosabban, a legtöbb pénz pedig általában Indiába és Kínába érkezik (4.3. táblázat) a korábban bemutatott migrációs folyamatok hatására.

4.2. táblázat. A legjelentősebb ország kapcsolatok a nemzetközi migrációban 2017 (millió fő)  
(Forrás IOM 2017)

Mexikó	12,7 →	USA
India	3,3 →	UAE
Oroszország	3,3 → ← 2,6	Ukrajna
Szíria	3,3 →	Törökország
Oroszország	2,4 → ← 2,6	Kazahsztán
Banglades	3,1 →	India
Kína	2,4 →	USA
Kína	2,3 →	Kína (Hong Kong)
Afganisztán	2,3 →	Irán
India	2,3 →	USA
India	2,3 →	Szaúd-Arábia
Fülöp-szigetek	2,1 →	USA
Palesztina	2,0 →	Jordánia

4.3. táblázat. A legnagyobb pénzküldő és pénzfogadó országok 2000-ben és 2015-ben (milliárd USD) (Forrás: WorldBank)

Pénzküldő országok			Pénzt fogadó országok		
2000	2015		2000	2015	
USA	34,4	USA	61,38	India	68,90
Szaúd-Arábia	15,4	Szaúd-Arábia	38,79	Franciaország	63,94
Németország	9,04	Svájc	24,38	Mexikó	28,48
Svájc	7,59	Kína	20,42	Fülöp-szig.	26,23
Franciaország	3,77	Oroszország	19,70	Dél-Korea	23,35
UAE	3,68	Németország	18,56	Spain	18,96
Dél-Korea	3,65	Kuvait	15,20	Törökország	18,85
Izrael	3,26	Franciaország	12,68	USA	16,58
Japán	3,17	Katar	12,19	Németország	15,38
Hollandia	3,13	Luxemburg	11,35	UK	15,36

## 5. A globális klímaváltozás és a légkör egyéb környezeti problémái

A globális környezeti változások körét áttekintve, a legnyilvánvalóbb világméretű problémák a légkörhöz kapcsolódnak. Ennek oka, hogy a levegő a legmobilisabb szállító közeg, benne gyorsan, nagy távolságra és terjedésében csak alig korlátozva terjedhetnek az anyagok. Amíg például a víz esetében a domborzat alapvetően meghatározza a mozgási irányokat, addig a levegőbe kerülő szennyezések általában méretüknél<sup>26</sup> fogva gyakorlatilag bárhova elszállíthatódnak. Ennek egyik fontos következménye, hogy a légkörbe kerülő szennyezés következményeit nem feltétlenül a kibocsátó szenvedti el. Egy másik következmény, hogy a hosszú légköri tartózkodású légszennyezők elkeveredve a levegőben *globális léptékűvé változtatják a helyi és regionális hatásokat*. Jól ismert, hogy az atomrobbantások során a légkörbe került sugárzó anyagok szerte a világon megjelentek. Például a csernobili katasztrófa hatása is néhány hét alatt kimutatható volt a teljes északi féltekén. De a Fülöp-szigeteki Pinatubo vulkán 1991-es kitörése a kéndioxid szintet globálisan is megemelte (lásd később 5.41. ábrát).

A különböző típusú szennyeződések eltérő hatásokat generálnak a légkörben. Napjaink talán legsúlyosabbnak tartott környezeti problémája a globális klímaváltozás

<sup>26</sup> A légszennyeződések méretük és halmazállapotuk alapján három csoportba osztjuk: a legnagyobbak a por, korom szilárd (>10 µm), az aeroszolok (10–0,01 µm) lehetnek szilárdak (finom por), cseppfolyósok (kőd), illetve szilárd és cseppfolyós keveréke (füst), méretükben a legkisebbek légneműek (gázok, gőzök). A nehezebb szennyezők hamarabb kiülepedhetnek, ezért kisebb távolságra juthatnak el.

(azon belül is a melegedés), melynek háttérében főként az üvegházhatású gázok nagymértékű (antropogén eredetű) növekedése áll.

A klímaváltozás hatásai az egész Földre kiterjednek, s számos következménye hatalmas területen „kézzel fogható” (jeges területek visszaszorulása, sivatagosodás, El Niño változása stb.). A folyamat az 1980-as évektől végétől vált egyre inkább felismerhetővé. Ezt megelőzően azonban két másik fontos légköri globális probléma is nyilvánvalóvá lett: az 1970-es évek közepétől a savas esők, az 1980-as években pedig az ózonprobléma (ózonlyuk felfedezése 1985-ben). Bár a savas esők inkább regionális problémaként jelentkeztek, földrésznyi következményeik miatt mégis joggal sorolhatóak a globális problémák közé.

## 5.1. A légkör összetétele, időbeli változása

A Földünk ma ismert száraz *légkörének összetétele* (nitrogén: 78,08%, oxigén: 20,95%, argon: 0,93%, szén-dioxid: 0,04%) *hosszú változás eredményeként alakult ki*. A földtörténet kezdeti időszakában az atmoszféra főként hidrogénből és héliumból állt, később (amikor a Föld a könnyű gázok jelentős részét elvesztette) az ammónia, a metán, a nitrogén, a vízgőz és a szén-dioxid aránya megnőtt, de az oxigén sokáig alárendelt szerepet játszott. A mai légköri összetételhez vezető úton fontos lépés volt, hogy a vízgőzből a napsugárzás hatására oxigén szabadult fel (fotodisszociáció), amiből a Nap UV-sugárzása elindította az ózon ( $O_3$ ) képződést, majd az ózonréteg (UV-sugárzást szűrő szerepe) tette lehetővé azt, hogy az egyszerűbb élőlények a világtengerek felszínközeli részeit és a szárazföldeket is meghódítsák. Hozzávetőlegesen 900 millió évvel ezelőttre a légkör oxigéntartalma elérte a mai egy ezredét (az ún. Urey-szintet<sup>27</sup>), ami szükséges volt ahhoz, hogy az UV-szűrő hatás kellően hatékony legyen. A fotoszintetizáló élőlények meggyorsították az oxigéntermelés folyamatát. Így, mintegy 600 millió évvel ezelőtt a légkör oxigéntartalma elérte a mai századát (Pasteur-szint), amely már lehetővé tette az anyagcserében a légzést, és felgyorsította az élővilág fejlődését, térhódítását, ezzel együtt a légkör összetételének változását. Hatására kb. 300 millió éve kialakult a maihoz hasonló oxigénszint.

Az élővilág szerepe azonban nem merült ki az oxigénszint alakításában, hiszen a növényvilág légzése során a szén-dioxidot ( $CO_2$ ) is hasznosítja. Az élővilág anyagcseréje jelentős mennyiségű  $CO_2$ -ot vont ki a légkörből, ami jórészt széntelepek és karbonátos kőzetek (mészkö, dolomit) formájában halmozódott fel. Ez a folyamat nem történt zavaratlanul, benne rövidebb időszakokra ellentétes irányú változások is kialakultak, sokáig

<sup>27</sup> A problémával foglalkozó H. C. Urey Nobel-díjas amerikai tudós alapján.

azonban döntően természeti folyamatok befolyásolták. Az ember tevékenysége alapvetően megváltoztatta ezt: nemcsak azzal, hogy a természetes anyagok körforgását módosítja, hanem a természet által „nem ismert” anyagok légkörbe juttatásával is.

## 5.2. A globális klímaváltozás és annak háttere

### 5.2.1. Az üvegházhatás

A Föld légköre egyfajta energiacsapdaként működik, ahhoz hasonlóan, amint az üvegházak is. Ha ennek fizikai okát keressük, akkor arra a kérdésre kell válaszolnunk, hogy mi az üvegházhatás lényege?

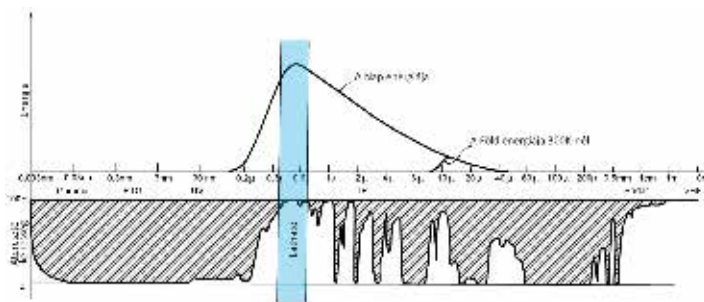
A légkört alkotó gázok tulajdonságuknak megfelelően nem minden sugárzást engednek át: hullámhosszuktól függően egyeseket visszavernek, másokat elnyelnek, s vannak olyanok, amelyeket továbbengednek. Jól látható (5.1. ábra), hogy az igen rövid hullámhosszú elektromágneses sugárzást (így például a röntgensugárzást), vagy az UV-sugárzás nagyobb részét a légkör nem, vagy csak korlátozottan engedi tovább, míg a Nap sugárzásának jelentős részét kitevő fénysugárzást szinte akadálytalanul keresztül bocsátja. A felszínre érkező sugárzás – az ott lévő anyagokkal kölcsönhatásba kerülve – hosszú hullámú hősugárzássá alakul (ezt érezhetjük a bőrünkön is), amit már csak kevésbé enged át a légkör. Az így keletkező hőtöbblet az, ami az élet számára kedvező feltételeket teremt bolygónkon. A számítások szerint nélküle mintegy 33 °C-kal alacsonyabb, azaz –18 °C lenne Földünkön a felszíni középhőmérséklet<sup>28</sup>. Az üvegházhatás tehát a földi élet szempontjából egy kedvező jelenség, de nagyon nem mindegy annak mértéke.

Az elmúlt évmilliók során egy igen törekény egyensúly közeli állapot alakult ki bolygónkon, melyben a légköri gázok mennyisége, arányai azt eredményezték, hogy a Föld középhőmérséklete egy szűkebb tartományban változott.

Az emberi tevékenység azonban az utóbbi 200-250 évben egyre fokozódó mértékben alakítja a légkör összetételét, a legfontosabb üvegházhatású gázok mennyiségét (5.1. táblázat). Azt, hogy az üvegházhatásnak, illetve ezen keresztül az emberi tevékenységnek milyen jelentősége is lehet életünkre, csak néhány évtizede ismerték fel. Ennek egyik fő oka az volt, hogy a légkörbe kerülő aeroszolok, illetve az ennek következményként jelentkező nagyobb felhőképződés a besugárzás csökkentését eredményezik. Mivel például a II. világháború utáni hatalmas ipari fejlődés nemcsak az

<sup>28</sup> A Vénuszon a nagy gáztartalom 480 °C körüli állandó hőséget eredményez, míg a Marson lévő igen ritka légkör miatt ott nem tud az üvegházhatás kellően érvényesülni, és napjainkra ott tartós hideg alakult ki.

üvegházgázok ugrásszerű kibocsátásával, hanem sok aeroszol méretű szennyezés kibocsátásával is járt, a két hatás eredményeként az üvegházhatás növekedése sokáig alig volt érzékelhető. Ezért csak mintegy két évtizeddel később lett felismerhető a légkör melegedésének folyamata (5.2. ábra). Emellett a területhasználati változások nyomán bekövetkező erősebb visszasugárzás, más néven *albedó-változás* is a légkör felmelegedése ellen hatott.



5.1. ábra. A légkör áteresztő képessége az elektromágneses sugárzás hullámhossza függvényében (Bak et al 1981 alapján)

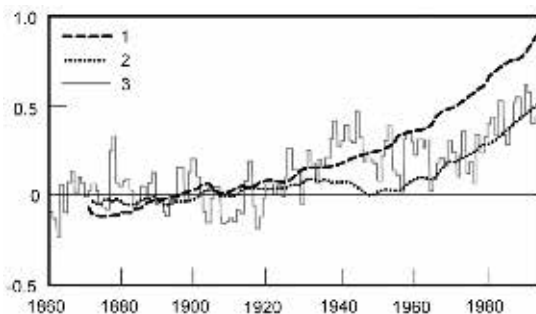
5.1. táblázat. A fontosabb üvegházhatású gázok szerepe és antropogén hatású változása (a vízgőz nélkül) (a WMO 2010 adatai felhasználásával)

Üvegházhatású gáz	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFC-11	CFC-12	HCFC-22	HFC-134a
	ppm <sup>29</sup>	ppb	ppb	ppt	ppt	ppt	ppt
Koncentráció az iparosítás előtt	278	700	275	0	0	0	0
Koncentráció 2019-ben	414	1860	330	228	510	240	102
Globális melegítő potenciál (GWP) <sup>30</sup>	1	28	265	3800	8100	1760	4800
Légköri tartózkodási idő (év)	5-200	9,1	131	45	100	12	13,4

<sup>29</sup> ppm: milliimod (10<sup>-6</sup>), ppb: milliárdod (10<sup>-9</sup>), ppt: billiárdod (10<sup>-12</sup>) részt jelent.

<sup>30</sup> Az egyes üvegházgázok molekuláinak melegítő potenciálját a CO<sub>2</sub> molekulával szokták összehasonlítani, azaz CO<sub>2</sub>=1. (Az értékek különböző időtávokon vizsgálva módosulhatnak.)





5.2. ábra. A Föld átlaghőmérsékletének alakulása 1880–1995 (°C) (Forrás: IPCC)  
Jelmagyarázat: 1: csak az üvegház gázok alapján, 2: a mért, azaz az aeroszol és az üvegház gázok együttes hatására, 3: az 1860–1960-as évek átlaga

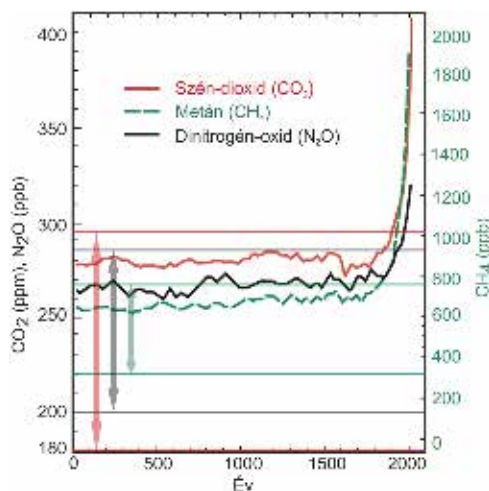
Ha fontosság szerint sorba vesszük az üvegházhatás kialakításában résztvevő gázokat, akkor a legjelentősebb a *vízgőz*! Mivel azonban a hozzávetőlegesen 13 billió tonna vízgőz mennyisége alig emberfüggő, hatásaival eddig kevésbé foglalkoztak. Tény azonban, hogy a felszín és a növényzet átalakításával, az öntözéssel, a jéggel borított felszínnek csökkenésével stb. az eddig nem jelentős emberi befolyásoltság a vízgőz esetében is változhat. Az utóbbi évtizedek során – amikor a globális hőmérséklet emelkedésében az ember szerepére irányítjuk a figyelmet – a vízgőz szerepét általában „elkenjük”, azt gondolván, hogy ezzel megtéveszthetjük az embereket. Pedig a földrajzkönyvekben is szó van arról, hogy a sivatagokban nagy a napi hőingás (éjjel fagy, nappal pedig akár 40–50 °C-ot meghaladó hőség), ami a kevés vízgőz következménye. A tavaszi (derült ég miatt kialakuló) fagyok idején egyes gazdák vízperemmel vagy füstöléssel próbálnak a károk ellen védekezni, ezzel helyileg fokozva a légkör üvegházhatását – még ha ennek tudományos háttérét nem is ismerik pontosan. Tény, hogy a légkör vízgőztartalma Földünkön a helyi körülmények (hőmérséklet, nyílt vízfelület nagysága és távolsága, szélviszonyok) függvényében igen nagy különbségeket mutat (10–50 ezer ppm), így pontos globális szerepére nehéz általánosítást tenni<sup>31</sup>. Ezt a bizonytalanságot is figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a Földünk (előzőekben már említett) üvegházhatás miatti 33 °C-os hőmérsékleti többlete akár 3/4 részben a vízgőz (és a felhők) eredménye.

Kezdetben csak a *szén-dioxidot* tartották üvegházhatású gáznak, ma már tudjuk, hogy más kisebb koncentrációjú, főként a 8–12 mm hullámhossztartományban abszorbeáló gázok is részt vesznek a folyamatban. Tudománytörténetileg érdekes, hogy

<sup>31</sup> A [https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MYDAL2\\_M\\_SKY\\_WV](https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MYDAL2_M_SKY_WV) címen elérhető térkép jól mutatja a változatosságot.

Furier (a neves matematikus) már 1824-ben felvetette a gáz szerepét, majd a 19. század végén Arrhenius már kiszámolta, hogy a légköri  $\text{CO}_2$ -szint megduplázódása mintegy 4-6 °C-os hőmérsékletnövekedést okozna. A levegő  $\text{CO}_2$ -tartalmának átfogó mérése az 1957/58-as Nemzetközi Geofizikai Év keretében, a Revelle kezdeményezésére indított vizsgálatokkal kezdődött. Az 1990-es évtizedtől a műszeres vizsgálatok már lehetővé tették, hogy (antarktiszi és grönlandi jégminták gáztartalmának elemzésével) régebbi időszakokra is elvégezzék a méréseket.

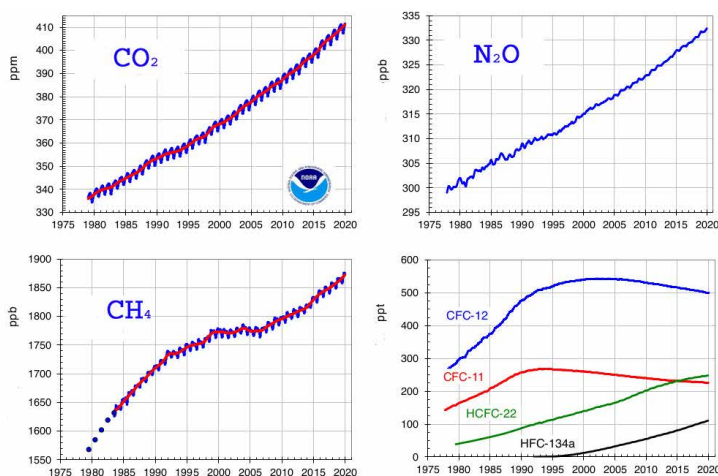
A hosszabb időszakra kiterjesztett értékelések azt mutatják, hogy a múltban is voltak számottevő ingadozások, ezek azonban az utóbbi 800 ezer év során egy szűkebb tartományban (180 és 295 ppm között) maradtak, és szoros kapcsolatban voltak a klímaváltozásokkal. A  $\text{CO}_2$  mennyisége még az 1800-as évek elején is csak 280 ppm volt, az ezredfordulón viszont már meghaladta a 370-et, 2019-ben pedig a 414 ppm-et, azaz majdnem másfélszeresére nőtt, amelynek nagyobb része az utóbbi 60 évben következett be. Komolyan elgondolkodtató lehet ebben a növekedésben, hogy az egyre növekvő értékek már lényegesen túllépnek a korábbi – tisztán természeti okokra visszavezethető – változások mértékén (5.3. ábra).



5.3. ábra. A legfontosabb természetes üvegházgázok mennyiségének alakulása az utóbbi 2000 évben, az elmúlt 800 ezer év változási tartományának feltüntetésével (Az IPCC és a NOAA/ESRL adatainak felhasználásával)

A változások eredetét vizsgálva megállapítható, hogy a  $\text{CO}_2$  természetes forrása az élővilághoz kapcsolódó légzés, illetve a szerves anyagok bomlása, antropogén forrása

pedig a fosszilis tüzelőanyagok elégetése, az erdőégetés, az erdőhiány miatti lekötés csökkenése és a mészkőfelhasználás. Az utóbbi három évtized részletes adatai jól mutatják nemcsak az egyes üvegházgázok mennyiségi alakulását, de a szén-dioxid esetében megfigyelhető a bioszféra évszakos hatása is. Ez okozza ugyanis a változásban jelentkező hullámzást (5.4. ábra), amiatt, hogy az északi és a déli félgömb szárazföldjeinek (így az ott levő növényzet) kiterjedése jelentősen különbözik<sup>32</sup>.



5.4. ábra. A légkör legfontosabb üvegházgázainak koncentrációváltozása 1978–2020  
(Forrás: NOAA/ESRL)

A metán ( $\text{CH}_4$ ) esetében még a szén-dioxidnál is gyorsabb, emberi hatástól függő növekedés figyelhető meg, ugyanis az elmúlt 200 évben a légköri átlagos koncentrációja mintegy kétszeresére nőtt. Bár koncentrációja jóval kisebb, hatékonysága miatt különös figyelmet érdemel: egy metán molekula 28-szor, tömegét tekintve, pedig 95-ször hatékonyabb, mint a „fő ellenségnek” tartott  $\text{CO}_2$ . Hosszú léptékű változása a szén-dioxidhoz hasonló, és napjainkra ugyanúgy ki is lépett a természetes ingadozási tartományból, mint az előbbi. Növekedési üteme az 1990-es évek közepe táján csökkent, de 2007 óta ismét számottevően nő (lásd 5.4. ábra). A mennyisége a növekvő

<sup>32</sup> A változásokat számos animáció szemléletesen mutatja be. Az egyik az utóbbi évek változásaitól 800 ezer évig visszamenőleg mutatja be a  $\text{CO}_2$  változásait, úgy, hogy közben azt is megmutatja, hogy földrajzi szélességként milyen különbségek vannak: a déli félgömbön a változás fokozatos, míg az északon ehhez hatalmas évszaki-konkénti változás társul. Elérhetősége: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html>

trend mellett a  $\text{CO}_2$ -hoz hasonló évi hullámzást mutat. A metán természetes keletkezési módja a bomlás és a fermentáció (erjedés), antropogén forrása pedig a rizstermelés (a vízborítás miatti rothadás), a bányászat és az ipar. Érdekességként megemlíthető, hogy ausztrál tudósok – az üvegházhatású gázok problémáját felismerve – szérumot fejlesztettek ki a szarvasmarhák és juhok bélgázainak csökkentésére, ugyanis ezek Ausztráliában évente kb. 60 millió tonna  $\text{CO}_2$ -nek megfelelő metánt „termelnek”. A metán szerepe lényegesen megnőhet a jövőben, ha a globális felmelegedés hatására a sarkvidéki területek talajaiból vagy a világtengerekből felszabadulnának az ott lekötött metánhidrátok<sup>33</sup>.

A *nitrogén-oxidok* (főként a  $\text{N}_2\text{O}$ ) szintén jelentős szerepet kaphatnak a fokozódó üvegházhatásban. Antropogén források a közlekedés, a fosszilis tüzelőanyagok és a biomassza égetése, valamint a legfontosabb termésfokozó nitrogénműtrágyák.

A *freonok* (freon 11:  $\text{CFCl}_3$ , freon 12:  $\text{CF}_2\text{Cl}_2$ ) hosszú légköri tartózkodási idejük és igen nagy globális melegítési potenciáljuk (lásd 5.1. táblázat) miatt az üvegházhatás fokozódásában is jelentős veszélyt jelentenek. A gázok „karrierjüket” mint kémiai veszélytelen hajtógáz, hűtőközeg főként az 1950-es és 1980-as évek között futották be. Később veszélyességük bebizonyosodott nemcsak az üvegházhatás fokozásában, hanem főként az ózonréteg roncsolásában. Bár használatukat nemzetközi egyezmények korlátozzák (lásd később a 18.2.1. fejezetben), így összes kibocsátásuk is jelentősen csökkent, de szerepükkel még évtizedekig számolni kell. Az utóbbi két évtizedben a freonok helyettesítőjeként használt HFC-k is megjelentek az üvegházgázok között.

A mesterségesen előállított freonok kivételével a másik három gáz hosszú időtávú elemzésére is lehetőség van a jégminták elemzésével.

Az üvegházhatást fokozó további gázok között említést érdemelnek – bár szerepük elenyésző az előbb tárgyalt gázokéhoz képest – a *kén-hexafluorid*, a felszínközeli (troposzférikus) *ózon*, a *szén-monoxid*. Keletkezésük jórészt az iparhoz és a közlekedéshez kötődik.

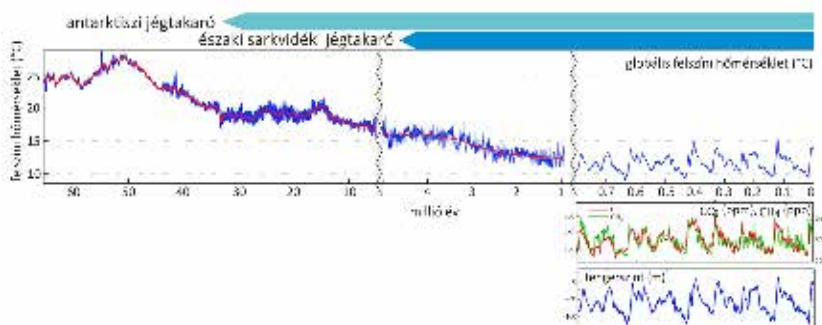
Visszatérve egy fontos kérdésre. Ha a vízgőz felel a globális felmelegedés nagyobb részéért (amire alig van befolyásunk), akkor miért a főként antropogén eredetű üvegházgázok mennyiségét tartjuk veszélyesnek? Azért, mert ezek kibocsátásával léptek ki jelentősen abból a tartományból, ami az utóbbi évmilliókban kialakult. A probléma fontosságát talán egy analógiával érthetjük meg. Ha azt mondjuk, hogy mit számít az az 1-2-3 °C-os hőmérsékletemelkedés, amit az ember okoz a természetes eredetű 33 °C-hoz képest, akkor gondoljunk arra, amikor testhőmérsékletünkben tapasztalunk 1-2 °C-os emelkedést, és már szaladunk is az orvoshoz.

<sup>33</sup> 6,5 billió tonnára becsült összes mennyiségük óriási kockázatot jelent, de kiszabadulásuk lehetőségéről egyelőre megoszlik a tudósok véleménye.

### 5.2.2. A Föld klímájának múltbeli változásai

A Földünk klímátörténetét többféle módszerrel vizsgálhatjuk. Az elmúlt másfél évszázadra vonatkozóan viszonylag pontos méréseink vannak (igaz csak bolygónk egy részére), 1-2 évezredre az írásos feljegyzések adnak valamiféle tájékoztatást, mintegy 800 ezer évre visszamenőleg az antarktiszi és grönlandi jégfúrások mintáinak elemzése használható, a régebbi időszakokra vonatkozóan pedig a geológia és az őslénytan segítségét vehetjük igénybe. Természetesen a múlt felé haladva mind a pontosság, mind az időbeni részletesség sokat romlik. A különböző módszerek együttes használatával akár több száz millió évre vonatkozóan tájékozódhatunk.

A kutatások egyértelműen kimutatták, hogy a *Földünk múltbeli története klímaváltozások sorozata*. Bár egy-egy ember élete alatt nem érzékelhető látványos változás, azonban ma már tudjuk, hogy a Földön sokkal melegebb és hidegebb időszakok is voltak (5.5. ábra). Nyugodtan kijelenthetjük, hogy az utóbbi tízezer évben (*holocén*) szerencsés volt az emberiség, hogy egy viszonylag egyenletes és számára komfortos klímában élhetett. Igaz ebben is voltak kissé hűvösebb időszakok (pl. a kis jégkorszak a 14. századtól a 19. század közepéig), ez azonban a létfeltételeket kevésbé korlátozta. Az ősembereknek azonban a jégkorszakok idején a mainál lényegesen rosszabb körülmények között kellett küzdeni a megélhetésért.



5.5. ábra. Az elmúlt 65 millió év globális felszíni hőmérsékletének alakulása, az utolsó 800 ezer év üvegházgáz- és a tengerszintváltozásai<sup>34</sup>

A földtörténet távoli múltjában, a harmadidőszak kezdetét (65 millió éve) megelőzően általában jóval melegebb volt a klíma, de ebből a szakaszból is legalább hat

<sup>34</sup> Az ábra nagyobb részben a <http://www.globalwarming-sowhat.com/> ábráinak egyszerűsítésével és a Vostok Ice Core eredményeinek felhasználásával készült.

jégkorszak előfordulásáról vannak földtani információink. Az eocén hőmérsékleti csúcs (55 millió éve) mintegy 12 °C-kal melegebb lehetett napjaink (15 °C-os) globális hőmérsékleti átlagánál. A fokozatosan csökkenő hőmérséklet nyomán kb. 34 millió éve kezdődött meg az Antarktisz állandó jégtakarójának kialakulása, majd 4,5 millió éve az északi sarkvidék eljegesedése. A pleisztocén elejétől – a további lehűlés következményeként – eljegesedések sorozata mutatható ki nagy részletességgel. A glaciális szakaszokat időnként melegebb interglaciálisok is megszakították. A hőmérséklet-változás a szakaszok között akár 6-10 °C is lehetett, és különösen a holocén megelőző néhány százezer évben volt szélsőséges. Az antarktiszi „Vosztok” jégmintákban a gyors hőmérséklet emelkedés maximum 0,05-0,1 °C/évszázad értéket jelentett. Ezt összehasonlítva az utóbbi évszázadban tapasztalt 1 °C-ot meghaladó értékkel, már joggal tölthet el bennünket aggodalom. A számottevő hőmérséklet-változások jelentős tengerszintváltozásokat (a jégkorszakok leghidegebb időszakaiiban akár 100 méter körüli vízszintsüllyedést) is eredményeztek (lásd 5.5 ábra). A hidegebb időszakok hőmérsékleti viszonyainak kialakításában a vízgőznek is közvetett szerepe volt. A csökkenő lég hőmérséklet során ugyanis a légkör kevesebb vízgőzt képes magában tartani, így kisebb mértékű üvegházhatást tud előidézni, azaz fokozza a lehűlés mértékét.

A múltbeli adatok alapján megállapíthatjuk, hogy az emberi hatások megjelenése előtt jóval melegebb és hidegebb időszakok is voltak Földünkön. A jelenleg zajló változásoknál nemcsak azok mértéke, hanem gyorsasága is komoly veszélyt jelent. Figyelmeztető példa lehet, hogy mintegy 252 millió éve, egy gyors felmelegedési folyamat következményeként kialakult nagy kihalási időszak („*The Great Dying*”) során a tengeri fajok 95 és szárazföldi fajok 70%-a kipusztult.

### 5.2.3. A jelenlegi klímaváltozás folyamata, háttere és fontosabb következményei

A második világháborút követő gazdasági növekedés óriási környezeti következményekkel járt, és jár napjainkban is. Bár ennek hatása a kezdeti 1-2 évtizedben inkább csak regionális szinten volt nyilvánvaló (városi szmog, szennycsatornává váló folyók, gyarapodó tájsebek, kivágott erdők stb.), a folyamat azonban globális problémává szélesedett – legkomplexyebben a légkörben, annak gyors (szennyező anyag) szállítási lehetőségei miatt. A légkörbe kerülő egyre növekvő széndioxid mennyiség hatása az 1980-as évekre érte el azt a szintet, hogy annak klimatikus szerepére is felfigyeltek. Jelentőségét eleinte sokan próbálták megkérdőjelezni vagy alábecsülni (leginkább a legnagyobb kibocsátók). Jelentős előrelépés volt, amikor a *Meteorológiai Világszervezet* (WMO) és az *ENSZ Környezeti Programja* (UNEP) 1988-ban megalapította az Éghajlatváltozási Kormányközi Testületet (IPCC). Ennek célja, hogy elemezze az

emberi tevékenység által kiváltott, klímaváltozással kapcsolatos kutatási eredményeket. Az IPCC önálló kutatásokat nem végez, hanem a világ tudósai által feltárt tudományos eredményeket összegzi. A szervezetnek számos nehézséget kellett leküzdenie, azonban munkájának színvonalát, kutatásainak nemzetközi elfogadottságát bizonyítja a 2007-ben (Al Gore korábbi USA alelnökkel megosztva) kapott Béke Nobel-díj. Az eredményeket 1990 óta rendszeresen tanulmánykötetekben adják közre<sup>35</sup>. A kutatások elég egyértelműen jelzik, hogy a Föld klímájának változásában az üvegházgázok mennyiségének jelentős növekedése áll, s ezek értékelésére több nemzetközi tudományos együttműködés létrehozta a *Global Carbon Project*-et 2001-ben<sup>36</sup>.

### Az üvegházhatású gázok szerepe

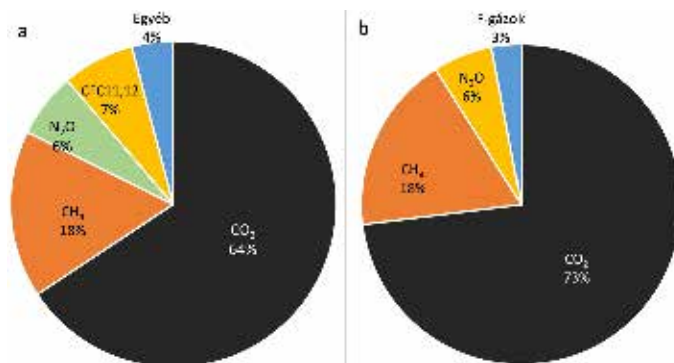
Az emberiségnek az üvegházhatású gázok mennyiségére gyakorolt hatása jól látható az 5.1. táblázatból. A természetes módon is keletkező üvegház gázok mellett az utóbbi évszázadban több olyan mesterséges vegyület is megjelent, amelyeknek hasznosítása során később derült ki, hogy jelentős szerepük lehet az üvegházhatásban vagy az ózonréteg károsításában. Amikor például nyilvánvalóvá vált a freonok ilyen környezeti szerepe, használatukat visszaszorították, esetenként más klór-fluor vegyülettel próbálták helyettesíteni. Azonban a táblázatunkba is bekerült helyettesítő vegyületekről (HCFC-22, HFC-134a) is kiderült, hogy ugyan az ózontörésben nem vesznek részt, viszont már számottevő és növekvő szerepük van a melegedési folyamatban. Az imént említett gázok esetében az is megfigyelhető, hogy mennyiségük (elterjedt használatuk miatt) folyamatosan nő, és az északi félgömbön, ahol az ipari tevékenység koncentrálódik, az utóbbi másfél évtizedben 10-15 ppt-vel nagyobb a koncentrációjuk<sup>37</sup>.

Az üvegházhatásért felelős gázok vizsgálatakor feltűnő, hogy szerepük más súlyú a jelenlegi kibocsátási arányokban, illetve a felmelegedésben (5.6. ábra). Ennek oka, hogy az egyes gázok légköri tartózkodási ideje igen különböző. Így azután, amíg a jelenlegi kibocsátásban már a CFC-k aránya elenyésző (köszönhetően a szigorodó ózon-egyezménynek), szerepük évtizedeken keresztül még alig változik abszolút értékben, bár relatív súlyuk az utóbbi időben csökken (5.2. táblázat). Ez is mutatja, hogy milyen fontos a beavatkozási időpont, ahogyan arra a Meadows-modellben felhívták a figyelmet. Azaz egy megkésett beavatkozás egy kedvezőtlen folyamatba, már nem biztos, hogy meghezozza a várt eredményeket. A táblázat mutatja azt is, hogy az egyéb mesterséges gázok szerepe folyamatosan nő, 1980 óta megduplázódott.

<sup>35</sup> A kötetek elérhetőek: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/publications\\_and\\_data\\_reports.shtml](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml)

<sup>36</sup> A projekt kiemelten foglalkozik a két legfontosabb üvegházgáz (CO<sub>2</sub> és CH<sub>4</sub>) szerepével: <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm>

<sup>37</sup> Lásd például: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/gases/HFC134a.html>



5.6. ábra. A fontosabb üvegházgázok arányai vízgőz nélkül (egyenértékre átszámolva) a légkör felmelegítésében (a) és a kibocsátásban (b) 2017-ben (az IPCC és a NOAA/ESRL adatai alapján)

5.2. táblázat: Az üvegház gázok szerepének alakulása a sugárzási egyenlegben 1980–201938 (%)

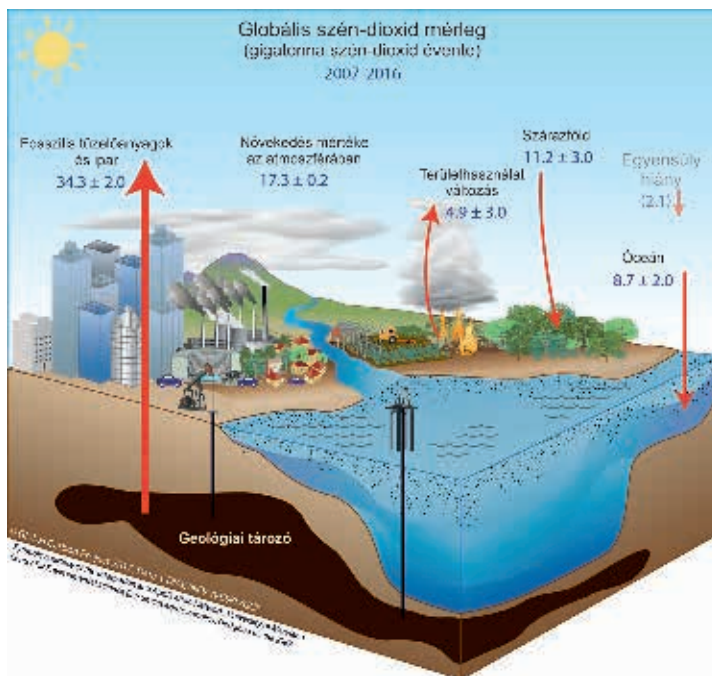
Üvegházgáz	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFC11,12	15-minor
1980	60,6	23,6	6,0	8,0	1,8
1990	59,7	21,2	6,0	10,1	3,0
2000	61,3	19,5	6,1	9,7	3,4
2010	64,0	17,6	6,3	8,3	3,8
2019	66,1	16,4	6,4	7,0	4,1

A mai légkörben – a vízgőzön kívüli – az összes üvegházgáz mennyisége a légkörnek alig több, mint 400 milliommód része, mégis, ennek megváltoztatásával jelentősen veszélyeztetjük Földünk klímájának tízezer éve kialakult stabilitását. Az is jól látható a 5.6. ábrákon, hogy – az ember által érdemben befolyásoló gázok között – minden tekintetben a CO<sub>2</sub>-é a vezető szerep: a 2017. évi teljes kibocsátásban 73 %-kal részesedik. Mennyisége negyedszázad alatt, több mint másfélszeresére nőtt (1990: 22 Gt, 2019: 36,4 Gt), azonban a Covid-járvány miatti gazdasági visszaesés miatt 2020-ban közel 7%-kal (kb. 34,1 Gt-ra) csökkent<sup>39</sup>. Ez az óriási CO<sub>2</sub> többlet alapjaiban változtatja meg a korábbi évezredekben kialakult viszonyokat a légkör összetételében (5.7. ábra). Az ábrán jól látszik, hogy a 2006–2016 közötti évtized átlagában a természet kb. az antropogén CO<sub>2</sub> kibocsátások szűk felével volt képes megbirkózni, a másik része (17,3 Gt) a légkörben maradt, fokozva ezzel annak felmelegedését.

<sup>38</sup> A <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/aggi.html> alapján számolva

<sup>39</sup> A légkör CO<sub>2</sub> tartalmának időbeli és területi változásait 2002–2016 időszakra bemutató animáció megtalálható a <https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine> címen.





5.7. ábra. A globális széndioxid mérleg 2007–2016 (Gt/év)  
(Forrás: Global Carbon Project)

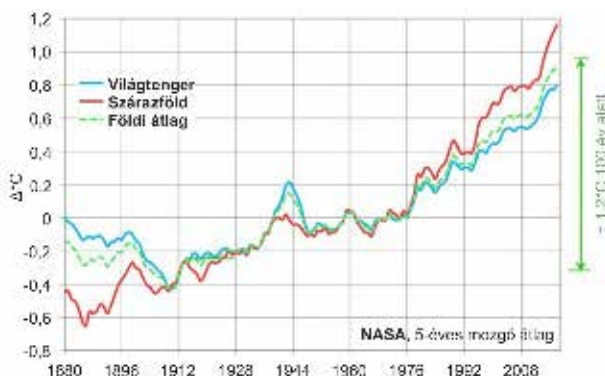
### *Globális melegedés és következményei*

A bolygónk légköre által visszatartott hőtübblet a felszín és a világóenger melegedését okozza. Ez jól mérhető a felszín átlaghőmérsékletének növekedésével (5.8. és 5.9. ábra), ami másfél évszázad alatt legalább 1 °C-ra tehető, és a szárazföldeken jelentősebb. A Föld különböző területeit különböző mértékben érinti a változás: nagy területeken meghaladja az 1,5 °C-ot is, és csupán egy kis részen látható enyhe hőmérséklet csökkenés. Azt, hogy Földünk felszíne melegszik jól bizonyítják a folyamatosan növekvő hőmérsékleti rekordok: a legfrissebb adatok szerint<sup>40</sup> az utóbbi hét év volt a legmelegebb a mérések megkezdése óta (az élen 2016 és 2020, a harmadik helyen 2019).

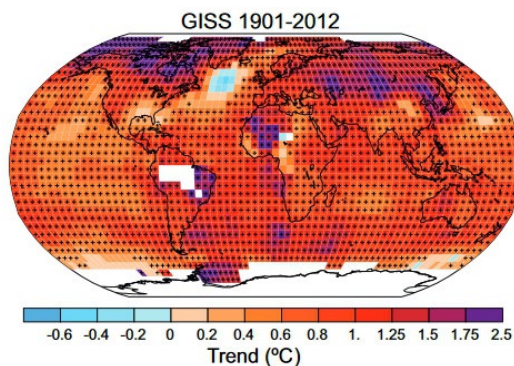
A hőmérsékletnövekedést számos jól megfigyelhető környezeti változás is bizonyítja. Leglátványosabbak a jeges területek változásai. Ezek bizonyos tehetetlenség-

<sup>40</sup> <https://www.nasa.gov/press-release/2020-tied-for-warmest-year-on-record-nasa-analysis-shows>

gel követik a légköri hőmérséklet alakulását, s ott a szélsőségek hatásai is némileg letompítva jelentkeznek, ugyanakkor alkalmasak a trendszerű változások kimutatására. Éppen ezért ezek a területek alkalmasak a földi klímaváltozás meggyőző bemutatására. A tények azt is mutatják, hogy akár már a közeli jövőben is komoly környezeti kockázatai lehetnek olvadásuknak.



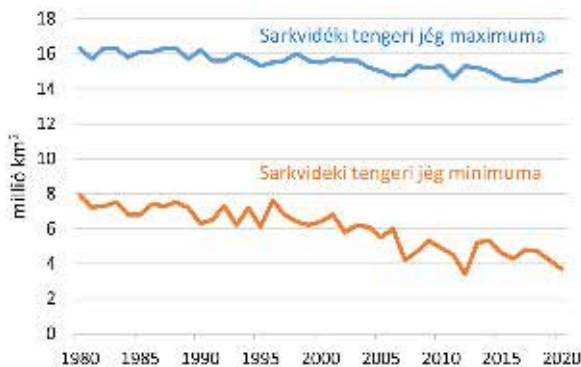
5.8. ábra. A szárazföldi és tengeri területek átlaghőmérsékletének alakulása 1880–2017 öt éves mozgóátlagok alapján (Forrás: NASA)<sup>41</sup>



5.9. ábra. A Földfelszín átlaghőmérsékletének trendje 1901–2012 (Forrás: IPCC)

<sup>41</sup> Referencia érték az 1950–1980 évek átlaga. A kép forrása: <http://www.globalwarming-sowhat.com/warm-cool-/>. A folyamatosan frissítésre kerülő: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> címen az egyes évek egyesített adatait (Global land-ocean temperature index) is megtalálhatjuk. A <https://climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine> címen pedig a területi változásokat animáció formájában is megtekinthetjük 1884-től kezdődően.

Az Északi sark körüli jégtakaró különösen az utóbbi évtizedben indult csökkenésnek. A maximális téli jégborítás az 1980-as években jellemzően 15,7 és 16,3 millió  $\text{km}^2$  között változott, majd az utóbbi bő tíz évben (2009 és 2020 között) 14,4 és 15,3 millió  $\text{km}^2$  közé csökkent. A nyári minimális jégborítottság jelentősebb változáson ment át. A korábbi évtizedekben jellemző nyári minimális érték (7-8 millió  $\text{km}^2$ ) számottevően csökkent, majd 2012-ben egészen drámai méretű volt (szeptember közepén 3,4 millió  $\text{km}^2$ -nél is kevesebb volt (5.10. ábra)<sup>42</sup>. A csökkenés fontos következménye volt, hogy megnyílt az „Északnyugati-átjáró”. A sarki jég vastagsága is számottevően csökkent, mértékét már 2000 táján is átlagosan az 1950-es évek értékének 40%-ra becsülték. (Korábban katonai tengeralattjárók mérései már jelezték a jégvastagság csökkenését, de ezt stratégiai okok miatt igyekeztek elhallgatni). Egy friss kutatás az utóbbi évtizedben a jégtakaró további 20%-os csökkentéséről számol be.<sup>43</sup> A felgyorsuló olvadást mutatja, hogy amíg Grönland jégtakarója 1992–2001 között évente átlagosan 34 Gt jeget veszített, addig a következő tíz évben (2002–2011) ez kb. 6 és félszeresére (215 Gt/év) nőtt. A tendenciákat figyelembe véve vannak olyan becslések, hogy akár már 2040-re (sőt akár sokkal korábban is) megszűnhet az állandó jégborítás az Északi-sark vidékén. Ez már elindította a nagyhatalmi törekvéseket a sarkvidéki területek mélyén található szénhidrogének birtoklásáért.



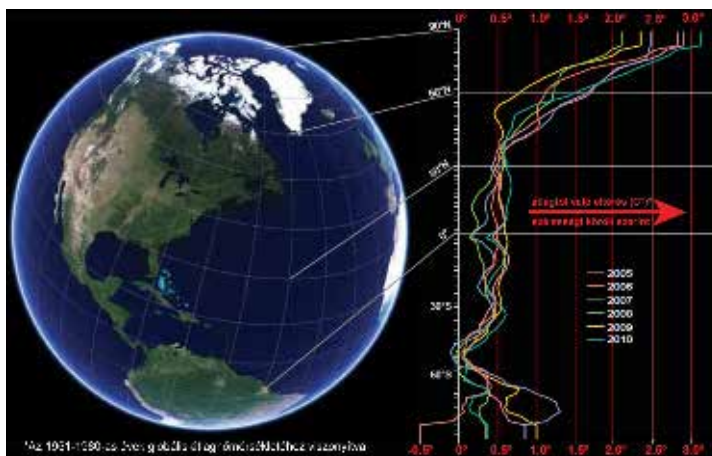
5.10. ábra. Az Északi-sarkvidéki jégtakaró maximális és minimális kiterjedése 1980–2020 között (millió  $\text{km}^2$ ) (az adatok forrása NSIDC és NASA)

<sup>42</sup> Naprakész adatok szerezhetők a <http://nsidc.org/arcticseaicenews/> címen, egy interaktív térképen pedig általunk kiválasztott évek adatait ábrázolhatjuk: <https://nsidc.org/arcticseaicenews/chartic-interactive-sea-ice-graph/>. 2020 nyár elején úgy tűnt, hogy megdőlhét a 2012-es minimum rekord, de ez végül elmaradt.

<sup>43</sup> <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2020/icesat-2-measures-arctic-sea-ice-thickness-snow-cover>

A déli sarkvidéken sokáig nem voltak egyértelműek a változások a jégborításban. Másfél évtizeddel ezelőtt még úgy tűnt, hogy a nagy jégtakarók olvadása csak az északi féltekén zajlik, majd 2014-ben az átlagosnál kisebb, 2017-ben pedig nagyobb jégolvadás volt, 2020 februárjában pedig antarktiszi hőmérsékleti rekordról és gyorsuló jégolvadásról érkeztek tudósítások. Mára egyértelműnek tűnik, hogy tendenciájában növekvő olvadás tapasztalható itt is, ennek mértéke 1992–2001 között 30 Gt, 2013–2018 között már 120–200 Gt/év volt.

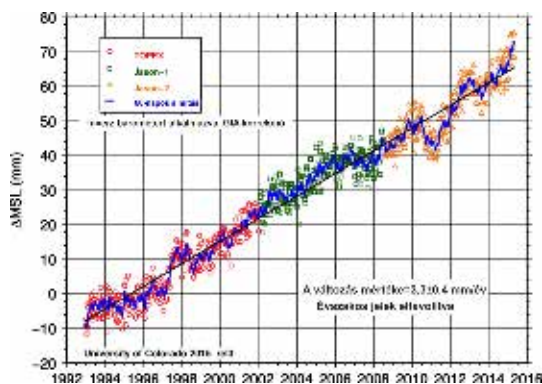
Hatalmas változások tapasztalhatók a szárazföldeken levő gleccserekben. Az interneten számtalan fotópár mutatja a gleccserek visszahúzódását. Összességében Földünk gleccsereinek mintegy 85%-a veszít vízkészletéből, évente (a 2003–2009-es időszak átlagában) kb. 259 Gt-t. Legnagyobb mértékben Alaszka (50 Gt), Kanada arktikus részei (60 Gt), Grönland (38 Gt) Déli-Andok (29 Gt) és Ázsia magas hegyvidékei (26 Gt) érintettek a csökkenésben. Különösen ott jelent gondot a gleccserekben tárolt vízkészlet csökkenése, ahol ezek biztosítják a lakosság vízellátásnak jelentős részét. A gleccserekből származó vízmennyiség elapadása miatt La Pazban (Bolívia) a vízhiány miatt zavargások is kialakultak 2017-ben. Egy norvégiai gleccser látványos, évenkénti zsugorodását is nyomon követhetjük egy fotósorozaton<sup>44</sup>.



5.11. ábra. A hőmérsékletváltozás mértéke a különböző földrajzi szélességeken (relatív változás az 1951–1980 időszak átlagához viszonyítva) (UNEP 2011, eredeti forrás NASA)

<sup>44</sup> [https://www.nrk.no/sognogfjordane/hetebolgja-aukar-bresmelting\\_-\\_ein-augeopnar-1.14641348](https://www.nrk.no/sognogfjordane/hetebolgja-aukar-bresmelting_-_ein-augeopnar-1.14641348)

A tundra területeken a talajfagy csökkenése jár látványos környezeti problémákkal. Az olvadó jég komoly károkat okoz az infrastruktúrában<sup>45</sup>, a talajból felszabaduló metán (ahogyan korábban említettük) számottevően fokozhatja az üvegházhatást. Tundrai területek melegedése a közúti szállításban is nehézséget okoz. Kiépítetlen utak hiányában ezeken a területeken akkor tudnak szállító járművek közlekedni, amikor vastagon átfagyott a talaj. Az 1960-as években ez az időszak kb. 200 nap volt egy évben, a 2000-es évek elejére ez időnként már majdnem felére csökkent<sup>46</sup>. (Az utóbbi években Alaszkában némileg kedvezőbbé vált a helyzet a közlekedők számára.) A sarkvidéki és tundra területek gyors változását a globálisnál jobban emelkedő hőmérséklet eredményezi (5.11. ábra).



5.12. ábra. A globális tengerszint változás mérések alapján<sup>47</sup>

A szárazföldi területekről elolvadó jég a tengerszint növekedését okozza<sup>48</sup>. A vízszint az elmúlt száz év alatt 20 cm-rel növekedett, de ebből az utóbbi 20 évben 6 cm-rel. Azaz jelenleg 3 mm/év az emelkedés mértéke (5.12. ábra), sőt egy 2021 elején megjelent tanulmány<sup>49</sup> szerint inkább 3,5mm/év. Meg kell jegyezni azonban, hogy a vízszintemelkedés fele a víz hőtágulásából származik, és csak fele az olvadásból. Az

<sup>45</sup> Az Internetes kereső programokba beírva a „permafrost melting”, vagy a „permafrost melting effects” kifejezést nagyon sok tanulságos képet találhatunk.

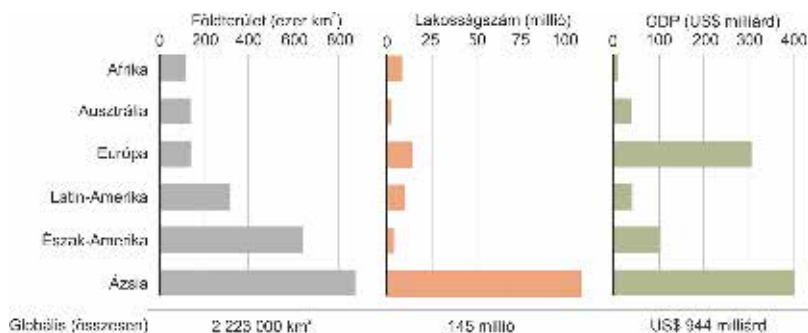
<sup>46</sup> A problémára már Al Gore, egykori USA alelnök is utalt „Kellemetlen igazság” c. könyvében.

<sup>47</sup> Nerem, R.S. & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Utolsó frissítés 2016. jan. 19. „The Climate Data Guide: Global Mean Sea Level from TOPEX & Jason Altimetry.” <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/global-mean-sea-level-topex-jason-altimetry>.

<sup>48</sup> A tengeri jég elolvadása nem jár a tengerszint növekedésével, mert a jég a vízen úszik, és az izosztázia jelensége érvényes rá.

<sup>49</sup> <https://tc.copernicus.org/articles/15/233/2021/tc-15-233-2021.pdf>

emberiségre ez azért jelent veszélyt, mert 40%-a a tengerpartok közelében él, így már a 20 cm-es változás is már mintegy 50 millió embert veszélyeztetet a Földön. Az 1 méteres vízszintnövekedés azonban már több mint 2 millió km<sup>2</sup> víz alá kerülésével és 145 millió ember kényszerű költözésével járna (főként Ázsiában), emellett jelentős gazdasági károkat is okozna (5.13. ábra). Ekkor Bangladesnek 18%-át, a Marshall-szigeteknek pedig 4/5-ét borítaná el a víz. (Nem véletlen tehát, hogy az ilyen katasztrófától tartó kis szigetországok már aktívak voltak az 1995-ös berlini klímakonferencián is.)



5.13. ábra. A világóceán 1 méteres emelkedésének következményei kontinensenként (Forrás: Anthoff et al. 2006 in: UNEP, 2007)<sup>50</sup>

Vannak azonban olyan tengerpart menti területek, ahol geológiai okok miatt súlyosabb a szárazföld, s ezért ott nagyobb tengerszint-növekedés is tapasztalható. Az ilyen területen élők folyamatos küzdelmet folytatnak az emelkedő tengerrel. A legismertebb ilyen terület Hollandia és környezete. Hollandiában gátrendszerek építésével, a mélyen fekvő területek folyamatos vízmentesítésével, feltöltésekkel védekeznek az emelkedő tengerszint támadása ellen. Ennek sikere a technikai fejlettség mellett a természeti erők nehezen kiszámítható (esetlegesen kumulálódó) hatásaitól is függ. Egy 2020 elején megjelent tanulmány<sup>51</sup> szerint Banglades esetében az évszázad végére akár 140 cm-es vízszintemelkedésre is számítani lehet, mert itt a süllyedő partvidék (1993 és 2012 között évi átlagban 1-7 mm) és az emelkedő tengerszint hatása összegződik. Mivel a tengerszint emelkedése (amihez még a vízkitermelések miatti

<sup>50</sup> Az ábra a földterületnél és a GDP-nél a veszteséget, a lakosságnál az érintettséget mutatja a 2000-es évek elején. Ázsia esetében a népességszám azóta számottevően megnőtt. A <https://climate.nasa.gov/interactive/climate-time-machine> címen a „sea level” menüben interaktív térképeket találhatunk a Földünk több tengerpartjáról, ahol magunk állíthatjuk be a tengerszintváltozás területi következményeit.

<sup>51</sup> <https://www.newscientist.com/article/2229118-sea-levels-in-bangladesh-could-rise-twice-as-much-as-predicted/>

felszínsüllyedés társul) már ma is valós veszély Indonézia 10 milliót meghaladó fővárosában, Jakartában, ezért a tervek szerint az ország biztonságosabb helyen (Borneo szigetén) szándékozik kialakítani új fővárosát.

A fentiek mellett arról sem szabad megfeledkeznünk, hogy akár egy erős, tartósan a part felé fújó szél önmagában is okozhat 1-2 méteres (ideiglenes) tengerszint emelkedést<sup>52</sup> – globális változások nélkül is.

A világtenger melegekedése a trópusi területeken a korall telepek károsodását eredményezheti. A *korallzátonyok* az esőerdők után a második, az óceánokban pedig a leggazdagabb ökológiai rendszert jelentik. A korallós területek a világtengereknek csak 0,3%-át foglalják el, mégis itt él a fajok negyede, de például a tengeri halfajok 2/3-a. A korallok nagyon érzékenyek a külső körülmények változásaira. Ha a meleg évszakban a tengervíz felszíni hőmérséklete meghaladja a 28 °C-ot, a korall-polip „megszabadul” a rajta élő algáktól, és szemmel is érzékelhetően kifehéredik. Ha a jelenség tartósan fennmarad, a koralltelep elpusztul, ugyanis az algák fotoszintézisével segítik azok táplálkozását. Magát a jelenséget ugyan már az 1870-es években leírták, azonban a Csendes-óceánban az 1980-as években tömeges méreteket öltött pusztulás helyezte igazán középpontba a problémát. A folyamat az 1990-es években még inkább fokozódott. A felszíni hőmérséklet (néhol már a 30 fokot is meghaladó) további emelkedése az Indiai-óceán hatalmas sávján (Afrikától Dél-Indiáig) a korallok 60-70%-ának elpusztulását okozta. 1998 és 2000 vége között a Föld korall-telepeinek 27%-a pusztult el. Legnagyobb károk az 1998-as, eddigi legnagyobb El Niño – La Nina változás idején voltak. Ehhez a 9 hónapos eseményhez köthető a pusztulás 16%-a. A változások területileg igen differenciáltak, a leggyorsabb a pusztulási folyamat az Indiai-óceán területén alakult ki.

A koralltelepeknek a tengervíz felmelegedéshez köthető pusztulása a későbbi években is folytatódott (több hónapon keresztül észleltek 3-4 °C-os anomáliát). A probléma fontosságára azzal is fel kívánták hívni a figyelmet, hogy 2008-at a „Korallok évének” nyilvánították. Ez a jelképes akció természetesen nem oldotta meg a problémát, és a 2015–2016-os El Nino-s időszakban újabb drámai korallpusztulások zajlottak. Bár ebben a folyamatban a legnagyobb figyelem az Ausztráliai Nagy Korallzátonyra irányult, más trópusi területek ugyanolyan rosszul vagy még rosszabbul jártak világszerte (Japán, Hawaii, Florida, stb.). Hawaiinál a korallok fele, a Maldív-szigetekenél (2016 márciusa és májusa között) kb. 73%-a károsodott, de Kiribati zátonyainak 90%-át pusztította el az itt 10 hónapig tartó meleg vízü időszak. Ahogyan a folyamattal kapcsolatosan megfogalmazták: Földünk az utóbbi 30 évben elveszítette „víz alatti őserdeinek” felét, de ha a folyamat így folytatódik ez 2050-re 90% is lehet.

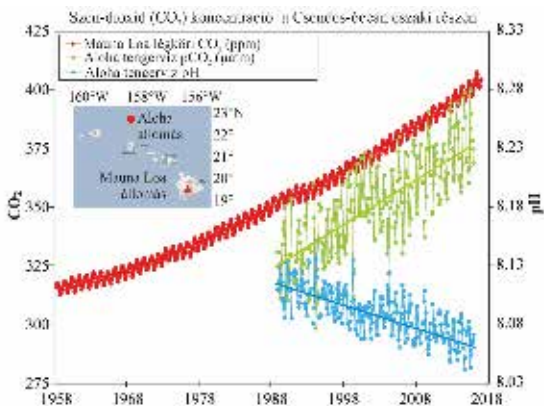
<sup>52</sup> Szomorú példája ennek Velence, ahol 2019. novemberében az eddigi egyik legmagasabb vízálás alakult ki előlntve a város jelenős részét, és megrongálva műemlékek sokaságát.



Miután a korallok több százmillió év alatt magasabb hőmérsékleti értéket is elviseltek, a tudósok jelenleg a korábbiaknál gyorsabb ütemű változásnak tulajdonítják leginkább a pusztulásukat. A kifehéredési folyamat nemcsak a korallokat érinti, hanem más, az algákkal szimbiózisban élő fajokra is kiterjed. A szárazföldre közeli területeken azonban a korallokat a vízbe kerülő szennyezőanyagok (főként a nitrogén és a foszfor) is veszélyeztetik. Ezek ugyanis az „algavirágzásokkal” oxigénszegény és rosszabb fényviszonyú területeket okoznak.

### A világtenger savasodása

A légkörbe kerülő üvegházgázok közül az óriási mennyiségű  $\text{CO}_2$  nemcsak a légkör felmelegítésével okoz komoly környezeti problémát. Az 5.7. ábrán láthattuk, hogy évente mintegy 8,7 Gt az óceánokban nyelődik el, azok savasodását okozva. Mérési adatok azt mutatják, hogy a tengervíz  $\text{CO}_2$  tartalma folyamatában követi a légköri változásokat (bár nagyobb értéktartományban változik, és attól a Hawaii környéki vizeken kb. 20 ppm-mel elmarad), és ez világtenger lassú savasodásával jár együtt (5.14. ábra). A tengervíz pH-jának lassú csökkenése (húsz év alatt 0,02-0,03 pH-érték) azonban elegendő ahhoz, hogy zavarokat okozzon egyes mészvázú élőlények mészkiválasztásában.



5.14. ábra. A légkör és az óceán  $\text{CO}_2$  tartalmának, valamint az óceán vizének pH-jának változása Hawaii környezetében az elmúlt évtizedekben  
(Forrás: NOAA PMEL<sup>53</sup> kiegészítve)

<sup>53</sup> A NOAA PMEL programja irányította rá a figyelmet a légköri  $\text{CO}_2$  növekedés fontos, a világtengereket érintő következményeire. Ennek eredményeiről tájékoztatást találhatunk: <https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/Ocean+Acidification> és a kapcsolódó oldalakon.



A világtenger pH-ja a felszín közelében napjainkban 8,1 körül alakul, ami az ipari forradalom óta kb. 0,1 értékes csökkent mutat. Lehet, hogy ez nem tűnik jelentős változásnak, azonban tudjuk, hogy a pH-skála logaritmikus, így ez a változás 26%-os savasodásnövekedést jelent. Ha a CO<sub>2</sub> kibocsátás ilyen ütemben folytatódik, akkor az évszázad végére akár 7,7-7,8 közötti értékre is csökkenhet a pH, és az óceánok savasabbak lesznek, mint az utóbbi 20 millió évben bármikor.<sup>54</sup>

### *Az El Niño*

Az utóbbi 2-3 évtizedben, ha valamilyen nagyobb területre kiterjedő éghajlattal összefüggő „rendellenességet” (szárazság, árvíz, hurrikán, rendkívüli hideg, stb.) tapasztaltak, rendszeres bűnbakként elhangzott a bűvös szó: El Niño. Ennek a természeti jelenségnek a Csendes óceán és a légkör természetes kölcsönhatásaiból származó hőanomália áll a háttérében, melynek rendszeres előfordulását már évezredekre visszamenőleg sikerült kimutatni.

*Átlagos körülmények között* (a földi nagy légkörzés és a vele szoros kapcsolatban álló tengeráramlások eredményeként) egy jelentős légnyomáskülönbség alakul ki: a délkeleti Csendes-óceánon magas nyomás, Indonézia és Észak-Ausztrália térségében pedig alacsony légnyomás jön létre. Ilyen körülmények között a két központ közti nyomáskülönbség az Egyenlítő mentén keleti passzátszelek kialakulásával jár együtt. A szelek folyamatosan meleg vizet szállítanak a nyugat-csendes-óceáni térségbe, miközben mintegy 40 centiméterrel megemelik a tengerszintet is. A meleg tengeráramlással szállított vizek eközben mintegy 200 méter mélységbe szorítják a meleg felszíni és az alatta levő hideg víz közötti határt a nyugati térségben. Ezzel szemben Dél-Amerika partjai előtt, ahonnan a passzátszelek a felszíni vizet elsodorják, a különböző hőmérsékletű vizek közötti határ sekélyen van, miután itt hideg víz áramlik fel az elszállított helyére. Indonézia környékén a passzát találkozik a nyugati szelekkel, emiatt a meleg páradús levegő fölemelkedik, és heves esőzések alakulnak ki. A felszálló levegő nagy magasságban kelet felé áramlik, és a középső és keleti Csendes-óceán fölött alásüllyedve ott száraz időjárást okoz. Normál helyzetben, decemberben a Csendes-óceán keleti partjának vize 8 °C-kal hidegebb, mint a nyugati tájon Indonéziában. Rendszeresen időközönként azonban a két nagy térség között lecsökken a légnyomáskülönbség. A keleties szél legyengül, esetenként meg is fordul. Ennek következtében a tengervíz hőmérséklete a keleti partok előterében magasabb lesz a szokásosnál, nyugaton pedig alacsonyabb. Ezt a helyzetet nevezik *El Niñonak*.<sup>55</sup>

<sup>54</sup> [https://ocean.si.edu/ocean-life/invertebrates/ocean-acidification#section\\_77](https://ocean.si.edu/ocean-life/invertebrates/ocean-acidification#section_77)

<sup>55</sup> A tudományos szakirodalom inkább az ENSO kifejezést (El Niño and Southern Oscillation) használja, ezzel utalva arra, hogy itt egy a légköri folyamatokkal kapcsolatos áramlásról van szó. Az eddigi tapasztalatok szerint a jelenség 2-10 évenként fordul elő, és akár tizenkét hónapig is tarthat.

Ilyenkor meleg és a szokottnál sokkal sósabb víz jut Dél-Amerika partjaihoz, elrontva ezzel a halászat kedvező lehetőségeit. Miután az aktív időjárási jelenségek az Egyenlítő közelében a meleg tengerfelszínhez kötöttek, az átlagosnál keletebbre alakulnak ki a trópusi viharok (tájfún, hurrikán) is. Amerika nyugati partjainál ugyanakkor változékonyabbá válik az idő, sokszorosára növekszik a hurrikánok gyakorisága. Mindközben Délkelet-Ázsiában és Ausztrália északi részén nagy szárazságok alakulnak ki, gyakoriak lesznek az erdő- vagy bozóttüzek. Ez persze azt is jelenti, hogy a nagy szárazságok ellenére az El Niño-s évben sem hullik kevesebb csapadék, csak nem ott, ahol várható lenne: árvizeket okoz távoli tájakon, illetve az óceán fölött esik le.

Az *El Niño* tehát egy jól megfigyelhető természeti jelenség, változásai egykori koralltelepeken is kimutathatóak, és ahogyan az imént említettük komoly szerepe van az utóbbi évtizedek hatalmas korallpusztulásaiban (1982-1983, 1997-1998, 2015-2016). A jelenség nem okolható minden éghajlati jellegű természeti katasztrófáért, azonban (mint a nagy légköri folyamatok részesére) változásaira már számottevően hat a globális felmelegedés, és időnként jelentősen felerősíti a folyamatot.

### *A Broecker-féle óceáni „szállítószalag”*

Földünk felületének mintegy 70%-át borítja a világtenger, így az ott zajló folyamatok alapvetően határozzák meg bolygónk klímáját.

Nagyon sokan az üvegházhatás növekedése nyomán fellépő lassú hőmérséklet-növekedést egyszerű lineáris változásnak gondolják, s vállukat rándítják a további változásokra, mondván, „legfeljebb egy kicsit melegebb lesz”. A felelősen gondolkodók azonban az utóbbi évek tudományos eredményeinek fényében már környezeti katasztrófába torkolló lehetőségekkel is számolnak, s hangsúlyozzák: *a légkör felmelegedése nem írható le lineáris trendekkel.*

A Föld jövőbeli éghajlatváltozásának szempontjából egy nagyon fontos kérdés az 1990-es évek második felében talán tisztázódott: sikerült megfelelő magyarázatot találni a jégkorszakok gyors klímaváltozásaira. Már régóta ismert volt, hogy a földtörténet közeli múltjában jelentős éghajlati ingadozások zajlottak, melyek során hideg glaciális és melegebb interglaciális időszakok váltogatták egymást (az Alpokban megfigyelt eljegesedési változások alapján négy nagy jégkorszakot különböztettek meg). Az 1990-es évek elején a grönlandi jégtakaróba mélyített két 3000 méteres fúrás jégmintái azonban nagyon pontos (45 ezer évre visszamenően évenkénti) hőmérsékleti adatokat szolgáltatottak az elmúlt 110 ezer év klímájáról.<sup>56</sup> Ekkor derült ki, hogy az

<sup>56</sup> A jégbe zárt oxigén 16 és 18 tömegszámú izotópok arányai alapján lehet a jég korára következtetni. Az Antarktison – az orosz Vostok bázis közelében 1998-ban fúrt jégmintákból mintegy 440 ezer évre vannak jól használható környezeti adataink. A Dome C bázisnál 2004-ben már 890 ezer éves, sőt az Allan Hills mérési helyen 2010-ben és 2015-ben fúrt kisebb vastagságú jégben (a 2017-ben közzétett eredmények szerint) már 2,7 millió éves jégmintákat is elértek.

éghajlati ingadozások sokkal gyakoribbak és gyorsabbak voltak, mint azt korábban gondolták. A mintákat vizsgáló svájci kutatók hívták fel *Broecker* amerikai óceán- és klímakutató figyelmét arra, hogy ezek a gyors változások olyanok, mint amelyek két állapot között kialakult oszcillációnak felelnek meg. Ekkor vetődött fel, hogy ezek a Grönland körüli éghajlati események az óceáni cirkuláció változásának következményei lehetnek.

Más paleoklimatológiai adatok és óceánáramlási vizsgálatok (például radioaktív nyomjelzés) alapján sikerült felderíteni, hogy a nagy óceáni medencék között egy folyamatos – felszíni és mélytengeri – áramláskör alakult ki („the oceanic conveyor belt” – vagy egyszerűen csak *Broecker*-féle szállítószalag) (5.15. ábra). Ez a napjainkban kb. 20 millió m<sup>3</sup>/sec vízzszállítású áramlás (ami egyenlő a globális csapadékin-tenzitással, vagy 100 Amazonas vízhozamával) az észak-atlanti térségben mintegy 5-10 °C-os pozitív hőmérsékleti anomáliát jelent, azaz leállása jelentős lehűlést okozna a tájon. Vélhetően ezen áramlásrendszer időnkénti leállása, majd újraindulása okozta azokat a gyors éghajlati változásokat, amiket a grönlandi vagy az antarktiszi jégmin-ták mutattak (lásd korábban 5.5. ábra). De mi okozhatta az óceáni szállítószalag leál-lásait és újraindulásait, és hol van ennek a folyamatnak a kapcsológombja?



5.15. ábra. A *Broecker*-féle szállítószalag (Forrás: *Broecker* alapján IPCC 1996)

Az áramlásrendszer elemzése feltárta, hogy a szállítószalag az óceánvíz változó hőmérséklete és sótartalma által működtetett (termohalin) áramlás. Az Atlanti-óceán északi része felé haladó meleg áramlat (Észak-atlanti áramlás), amely Izland felé közeledve még 12-13 °C-os, a hideg légáramlatok és az erős párolgás<sup>57</sup> miatti hőveszteség nyo-

<sup>57</sup> Ebből származnak azok a ciklonok, amelyek Európa csapadékvízviszonyainak kialakításában meghatározó jelentőséggel bírnak.

mán 2-3 fokra hűl, miközben sótartalma megnövekszik. Ezáltal sűrűsége nagyobb lesz, mint a mélytengeri vizeké, így a mélybe süllyed, és déli irányban áramlik tovább. A közel egyenletes hőmérsékletű mélytengeri hideg víz az Atlanti- és az Indiai-óceán déli medencéjén át kerül a Csendes-óceáni térségbe, ahol a hideg áramlás a felszínre jut (ennek okát az El Niño jelenségnél leírtak adják), és nyugati irányban haladva, felmelegedve zárja a rendszert. Az egész folyamat legkritikusabb, legsebezhetőbb szakasza az Atlanti-óceán északi térsége. Itt ugyanis aránylag kis sótartalom-különbség mellett következik be a felszíni vizek mélybe bukása. Ha ebben a térségben valamilyen felszíni édesvízpótlás felhívítja az óceán vizét, akkor leállhat az áramlás.

Broecker három elvi lehetőséggel számolt, ami lecsökkentheti a sótartalmat: a) növekvő csapadék, b) a térségbe közvetetten vizet juttató (kanadai és szibériai) nagy folyók nagyobb vízhozama, c) az arktikus területek olvadása. Ez utóbbi közvetlenül is szoros kapcsolatban lehet az üvegházhatás változásával. A kutató elmélete szerint, ha egy felmelegedés megindítja a poláris területen az olvadást, akkor az így bekerülő édesvizek<sup>58</sup> felhívítják az áramlás vizét, következésképpen az nem éri el azt a kritikus sótartalmat, hogy lesüllyedjen, és leáll a szállítószalag. Ennek hatására rohamosan csökken a térség hőmérséklete (hiszen megszűnik a meleg áramlás hőmérsékletnövelő hatása), ami leállítja az olvadást, sőt megindul a jégtakaró felhalmozódása – majd ennek következményeként előbb-utóbb annyira megnő újra a sótartalom, hogy elindulhat az áramlás (azaz, mintha bekapcsolná valaki a szállítószalagot). Ez a folyamat többszörösen ismétlődhet, mint ahogyan vélhetően ismétlődött is a múltban. A lehűlési folyamat eredőjeként a szárazföldeken jelentősen csökkent a hóhatár<sup>59</sup>. A gleccserek előrenyomulása és visszahúzódása alakította ki azt a formakincset, amely alapján sokáig az eljegesedési szakaszokra következtettünk.

Broecker kutatásának van egy nagyon fontos következménye: *ha bekövetkezik az óceáni szállítószalag leállása, akkor azt nagyon gyors éghajlati változás követi*<sup>60</sup>. Az akár 5-10 fokos (negatív és pozitív) hőmérsékleti ugrások komoly ökológiai és gazdasági következményekkel járnának. De jelentős változás következhetne be az óceáni szállítószalag leállása nélkül is, ha a melegedés következtében az északi félgömb tengeri jege elolvadna (ilyen utójára 4 millió éve, 4-5 fokkal magasabb globális hőmérsékletkor volt). Bár a nagy óceáni szállítószalag szerepében még van számos tisztázatlan részlet, múltbeli hatásai azonban jól mutatják, hogy a folyamat nem a tudományos fantasztikum része. Az óceáni hőcsere lassulása, átalakulása, vagy egyes térségekben

<sup>58</sup> A jeges területek olvadásakor édes víz kerül a tengerekbe, folyókba, hiszen a csapadék, amiből keletkezik, az édes víz.

<sup>59</sup> Broecker az amerikai kontinensre készítette el ennek rekonstrukcióját.

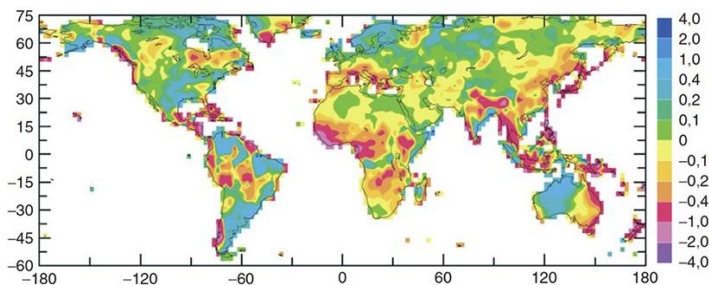
<sup>60</sup> Ez a környezeti probléma adta a „Holnapután” című, 2004-ben készült film alapötletét.

(átmeneti) megszűnése még az emberiség mai gazdasági fejlettségi szintjén is alig felbecsülhető gazdasági-társadalmi problémákat okozna. Az északi sarkvidék jégtakarójában tapasztalt gyors változások tehát belátható időn belül komoly kockázatot jelentenek.

### *Csapadékviszonyok változása*

Amint korábban láthattuk a hőmérsékletváltozásokban a globális adatok viszonylag egységes képet mutatnak a klímaváltozás folyamatában (legalább irányában), a csapadék esetében viszont igen változatos tendenciákat tapasztalunk akár évszázados, akár rövidebb időtávon (5.16. ábra). Jól látható, hogy Dél- és Közép-Európa, Afrika 2/3-a, a kelet- és délkelet-ázsiai térség, Ausztrália keleti része, de Amazónia egy része is számottevő csapadékcsökkenést szenvedett el az utóbbi fél évszázadban. Ezek a változások – természetes ingadozásokkal ugyan zavartan – trendszerűnek tűnnek. Az is látható az ábrán, hogy rövidebb időtávon voltak nyertesei is a csapadékok területi átrendeződésének (az USA középső területei, Patagónia, Skandinávia, Oroszország jelentős területei vagy Ausztrália nyugati része), azonban a hosszabb időtávú modellezések szerint a jövőben egyre inkább a csapadékcsökkenés lesz jellemző a szárazföldi területeken. Ráadásul a csapadékcsökkenés nagyobb részben az emberiség számára kulcsfontosságú területeken várható a következő évtizedekben. India keleti részének kivételével érintettek lesznek benne a legnépesebb régiók, és a Föld CO<sub>2</sub>-forgalmában kritikus szerepet betöltő esőerdők nagy része, benne Amazónia is. Az, hogy ennek milyen katasztrofális hatása lehet, megmutatta a 2010-es év. Ekkor Amazónia területén kb. 3 millió km<sup>2</sup>-et sújtott jelentős szárazság, aminek következtében a terület CO<sub>2</sub>-forgalma a kutatások szerint 8 milliárd tonnával romlott, ami alig kevesebb, mint az USA és az EU együttes 2016. évi fosszilis tüzelőanyagból származó kibocsátása (5,3+3,4 Gt). Ráadásul már 2005-ben is komoly szárazság érte a tájat, bár akkor „csak” 1,9 millió km<sup>2</sup>-t érintett<sup>61</sup>. Ez a tény is jól jelzi, hogy a globális klímaváltozás természetes „csatornákon” keresztül is drasztikusan befolyásolhatja az üvegházgáz forgalmat. Kedvezőtlen, hogy a szárazföldről hiányzó csapadék az óceánok területén hullik le, az emberiség számára nem hasznosíthatóan.

<sup>61</sup> A következő években a csapadékhiány tovább fokozódott: [https://imgs.mongabay.com/wp-content/uploads/sites/20/2016/07/01195859/southamerica\\_md\\_2005-2016.png](https://imgs.mongabay.com/wp-content/uploads/sites/20/2016/07/01195859/southamerica_md_2005-2016.png)



5.16. ábra. A csapadékváltozás trendje 1950-2008 (mm/nap) (Forrás: Dai 2011)<sup>62</sup>

## Sivatagok előretörése

A légkör globális melegedésének és a csapadékviszonyok módosulásának következményként az első átfogó környezeti változások a száraz, sivatagi, félsivatagi területeken jelentkeztek. A ma már sivatagosodási folyamatként ismert jelenség minden kontinensen megfigyelhető, de a legnagyobb károkat Afrikában, Ázsiában és Észak-Amerikában okozza. A probléma nagyságát mutatja, hogy az UNEP egyik 2007-es összefoglaló jelentése<sup>63</sup> szerint a szárazföldek területének közel negyedét (33,7 millió km<sup>2</sup>), és hozzávetőlegesen mintegy 500 millió főt érintett a probléma. Arányában a legsúlyosabb a helyzet Afrikában, ahol a szárazsággal sújtott területeken él a kontinens lakosságának kétharmada. A jelenség viszonylag korai felismerését bizonyítja, hogy az ENSZ Környezeti programján belül már 1977-ben sor került az első sivatagosodással foglalkozó konferenciára (az akkor kidolgozott akcióterv azonban megfelelő anyagi támogatottság hiányában igen csekély eredményt hozott). A *sivatagosodás* okait kutatva azonban nyilvánvalóvá vált, hogy az *nem egyszerűen természeti jelenség, hanem összetett természeti-társadalmi-gazdasági folyamatok együttes következménye.*

A sivatagosodás természeti okai a csapadékelátottságon túl szoros kapcsolatban vannak a légkör általános felmelegedésével, azonban az éghajlatváltozásnál gyorsabb, egyértelműbb. Terjedése aránylag jól mérhető: a 20. század utolsó harmadában évente mintegy 6 millió hektárnyi terület vált sivataggá, s további 21 millió a folyamat következtében gazdasági célra használhatatlanná lett. Az újabb kutatások szerint évente már 12 millió hektár termőterület elvesztését jelenti a folyamat<sup>64</sup>. Az elmúlt évtizedekben Földünk sok táján gyakoribbak lettek a száraz időszakok.

<sup>62</sup> Az adatok mért adatok. A több helyen elérhető ábra forrása: <https://www.climatecommunication.org/new/features/extreme-weather/precipitation-floods-drought/>

<sup>63</sup> The Fourth Global Environment Outlook elérhető: <http://web.unep.org/geo/assessments/global-assessments/global-environment-outlook-4>

<sup>64</sup> <https://www2.unccd.int/publications/desertification-invisible-frontline-second-edition> (2014)

A problémában leginkább érintett Szahel-övezetben az elmúlt száz évben egyre tartósabbak lettek a kimondottan száraz időszakok. A kiváltó okokat részletesebben vizsgálva kiderül, hogy a csapadékhiány fokozódása ezt a területet érintette leginkább, azonban ez csak az egyik ok a legtöbb sivatagosodással sújtott területen. Például Afrikában az 1910-es évekbeli nagyobb szárazság sem okozott akkora éhínséget, mint az 1970 után jelentkezők. Ennek magyarázata az, hogy a nagyon szegényes vegetáció különösen érzékeny a környezeti hatásokra. Ezeken a szárazságra hajló területeken évszázadok óta nomád, félnomád gazdálkodást folytattak, s a gyér népesség folyamatosan követte a csapadékos öv évszakos változását. Később azonban főként az ún. szubszaharai öv déli területein a növekvő számú népesség megtelepedett, állandó mezőgazdasági tevékenységbe kezdett (kőles-, cirok-, hús- és tejtermelés). Ez a belterjesebbé váló gazdálkodás - kiegészülve a halálózási mutatók csökkenésével - rohamos népesség-növekedést eredményezett. Kevesebb, mint harminc év alatt a népesség megduplázódott, s ennek élelmiszerigényét csak az állatállomány gyarapításával lehetett (egy ideig) kielégíteni. Voltak azonban olyan vidékek is (pl. Szudán egyes részei), ahol tíz év alatt az állatállomány megnégyszereződött. Az ökológiailag labilis területek a túllegeltetést nem voltak képesek elviselni: a növényzet nem tudott megújulni, a laza talajt az erózió és a defláció rövid idő alatt visszafordíthatatlan mértékben károsította. Ehhez járult az erdőirtás (tűzifa, állati eleség), a bozótok felégetése, a helyi háborúk további környezetromboló hatásai, továbbá egyes országok rossz kereskedelmi politikája (amely az egyébként is gyenge mezőgazdaság visszaesése irányába hatott). Néhány nagyváros környezetében különösen drámai változásoknak lehettünk tanúi. A szénhidrogének 1980-as évek eleji árrobbanása után Szudán fővárosában, Khartoumban jelentősen megnőtt a faszénfogyasztás, s a fairtás déli irányban évente átlagosan 15-20 km-es tempóban használta fel a növényzetet (az 1990-es évek közepére 400 km távolságig), északnyugati irányban pedig a Szahara nyomult előre évente 5-6 km-t.

A sivatagi területek növekedéséhez vezethet a fokozódó vízfelhasználás is egyes tájakon. Ilyen figyelhető meg a Csád-tó környezetében, vagy Ázsiában az Aral-tó mentén, ahol az elöntözött vízmennyiség miatt a tavak egykori felszínének jelentős része mára sivataggá változott (lásd később a 6.1.2. fejezetben).

Arra, hogy a sivatagosodási folyamatban a helyi társadalomnak mennyire fontos szerepe van, egy Algériában folytatott francia kutatás is rámutatott<sup>65</sup>. Műholdas kiértékeléssel jól el tudták különíteni a természetes és az antropogén okokra visszavezethető változásokat. Azt is feltárták, hogy közel azonos éghajlati feltételek között a hagyományos gazdálkodást folytató telepek körül gyakorlatilag alig volt érzékelhető a folyamat, ugyanakkor az új telepések intenzívebb gazdálkodása fokozódó eredménytelenséggel és a tájak elszívárosodásával párosult.

<sup>65</sup> <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01250719/document>

A sivatagosodási folyamat lényege tehát úgy határozható meg, hogy a törékeny ökológiai egyensúlyban levő arid, szemi-arid területeken az éghajlati változásokkal is társult, de a többnyire nem körültekintő gazdálkodási tevékenységek hatására a terület szinte visszafordíthatatlanul károsodik, s a kis termékenyséű vidékekre benyomul a terméketlen sivatag. A következmény: az egyre kevesebb és terméketlenebb föld mind nagyobb igénybevétele, a fokozódó éhínségek, a népvándorlások, a helyi háborúk.

### *A vulkánosság szerepe a klímaváltozásban*

Az elmúlt évszázadokban több olyan nagy vulkáni tevékenység is volt, amik 1-2 éven át komoly mértékben befolyásolták a Földünk besugárzási viszonyait. A légkörbe kerülő aerosol a Napból érkező sugárzás felszínre jutását olyan mértékben lecsökkenti, hogy az több fokos hőmérsékletcsökkenéssel járhat. Az indonéz szigetvilágban található Tambora 1815-ös kitörése 1816-ban fél fokos globális hőmérsékletcsökkenést okozott<sup>66</sup>, és 70-90 ezer fő éhezés miatti halálát tulajdonítják neki. Korábban 1257-ben a szintén indonéz Samalas kitörését 2 °C-os lehűlés követte, a perui Huaynaputina 1600-as robbanásának hatásaként 0,8 °C-os csökkenést számoltak. Legutóbb a Fülöp-szigeti Pinatubo 1991-es kitörése jól mérhetően 0,3 °C-os hőmérséklet-csökkenéssel járt.

A vulkánkitörések az emberiség történetében eddig csak 1-2 évre befolyásolták éghajlati viszonyainkat, ez azonban nem jelenti azt, hogy a jövőben nem lehet nagyobb hatásuk. Földtörténeti léptékben szinte csak „tegnap” volt az indonéziai Toba vulkán 75 ezer évvel ezelőtti kitörése, ami kb. 2800 km<sup>3</sup>-nyi anyagot dobott a levegőbe, szemben a Tambora 80, vagy a Pinatubo 5 km<sup>3</sup>-nyi anyagával. Az ilyen nagy szupervulkánok kitörése tartósabb klimatikus változást okozhat, és emellett hatalmas fizikai pusztítással is járnának. Fontos megjegyeznünk, hogy egyedi vulkánkitörések nem okoznak éghajlatváltozást, csak a tartós vulkanikus időszakok.

#### 5.2.4. Ki vagy mi a felelős?

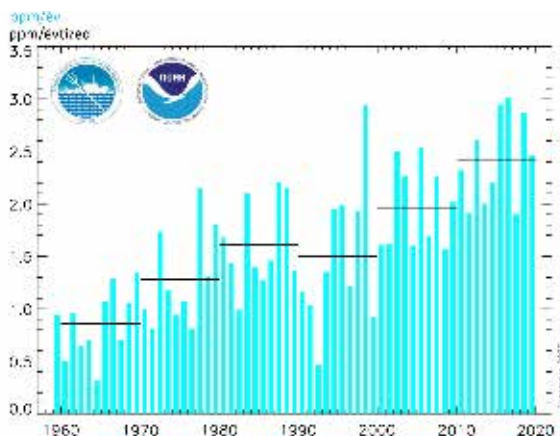
Az előző fejezetekben láthattuk, hogy a jelenlegi klímaváltozás számos összetevője és következménye jól azonosítható, de azt is, hogy az egész folyamat sokkal bonyolultabb, mint előzetesen gondolnánk. A természetes folyamatok hosszabb és rövidebb (pl. vulkánosság, csapadék változékonysága) időtávú hatásai az emberi tevékenység (meggondolatlan, nem kellően felmért, vagy kényszerű) következményeivel társulnak.

<sup>66</sup> A Tambora kitörésének hőmérsékleti következményeit szemléletesen mutatja: <https://www.youtube.com/watch?v=eJfMUW-Uidc>



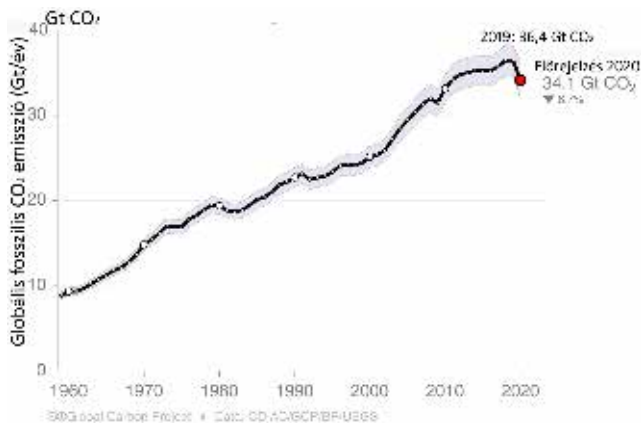
Az eredmény néhány legfontosabb elemét már áttekintettük az előző fejezetekben, de ahhoz, hogy megkérdéselhesük a problémát megoldani, jó lenne ismerni a felelősöket.

Korábban már láttuk, hogy az utóbbi évszázadban – a korábbi százezer évekhez viszonyítva – hihetetlen mértékben megnőtt az üvegház gázok mennyisége. Az elmúlt fél millió évben a CO<sub>2</sub> légköri koncentrációja mindig 280-295 ppm alatt maradt. Ez az érték a kisjégkorszak hőmérsékleti minimuma idején 272 ppm-re csökkent az előző fél évezred 276-285 közötti értékről, majd vélhetően az ipari forradalom hatásainak is köszönhetően a 19. század utolsó harmadáig lassan növekedett (286-288 ppm). A II. világháború időszakáig egy gyorsuló növekedést tapasztaltunk (kb. 310 ppm), ami kb. 0,3 ppm éves növekedésnek felelt meg. Azóta a növekedés tovább gyorsult, az utóbbi 1-2 évtizedben már az évi 2 ppm-et is bőven meghaladta, sőt a 2010-es évtized végére elérte a 3 ppm-et is (5.17. ábra). 2020-ban a koronavírus okozta gazdasági visszaesés is csak kisebb mértékű növekedést okozott, csökkenést nem. Ha megnézzük az elmúlt bő fél évszázad CO<sub>2</sub> kibocsátásait, akkor aligha vitatható az emberi hatás szerepe (5.18. ábra).

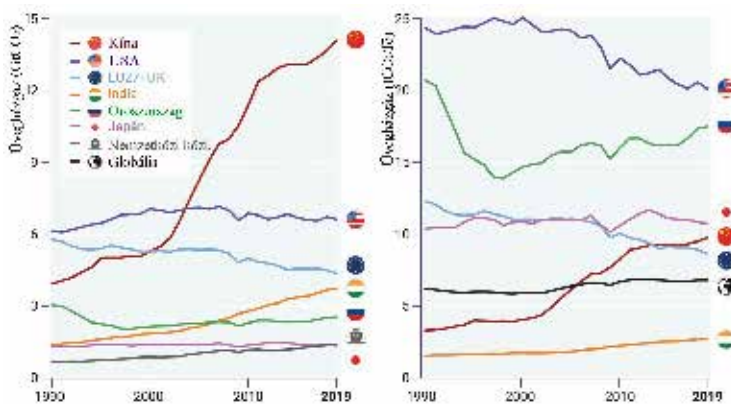


5.17. ábra. A légkör CO<sub>2</sub> koncentrációja változásának mértéke évről évre és évtizedenként a Mauna Loa (Hawaii) mérőhelyen 1960–2020 között (Forrás: NOAA)<sup>67</sup>

<sup>67</sup> Az aktuális adatok elérhetők: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/gr.html>



5.18. ábra. A globális CO<sub>2</sub> kibocsátás 1900–2020 (Gt/év)  
(Az ábra forrása a GCP 2020<sup>68</sup>)

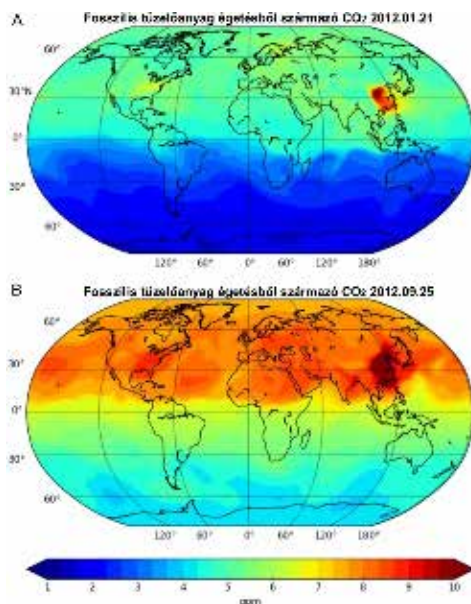


5.19. ábra. A legnagyobb CO<sub>2</sub> kibocsátó országok (GtCO<sub>2</sub>/év) és az egy főre jutó kibocsátások (tCO<sub>2</sub>/fő/év) 1960–2019 (Forrás: UNEP 2020)

Ha azokat az ágazatokat, vagy országokat keressük, amelyek az imént tárgyalt mennyiségi változásokat előidézték, akkor megállapíthatjuk, hogy az elmúlt fél évszázadban ezekben is jelentős változások voltak. Az összes CO<sub>2</sub> kibocsátás csak az elmúlt negyed évszázadban több, mint másfélszeresére nőtt, és napjainkban a négy legna-

<sup>68</sup> A sok részletet bemutató GCP 2020 elérhető: <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm>

gyobb kibocsátó (Kína, USA, EU, India) ebből 59%-kal részesedik. 1960 óta hatalmas átrendeződés volt az országok között. Az 1980-as évek végéig Kína kibocsátásai nem érték el a felét sem az USA vagy az EU kibocsátásainak. Ezt követően a globalizáció minden előnyét kihasználó, dinamikusan fejlődő kínai gazdaság 2006-tól a legnagyobb CO<sub>2</sub> kibocsátó lett, és 2019-ben már kibocsátásai az USA és EU együttes értékét is számottevően meghaladta (5.19. ábra). Ebben a nagy kínai növekedés mellett annak is szerepe volt, hogy az EU az 1970-es évek végétől, az USA pedig a 2008-as gazdasági válságtól fokozatosan csökkentette a kibocsátásokat. Kína értéke 2013 óta (a gazdasági növekedés kisebb megtorpanása miatt) stagnál. Egy nagyon szemléletes video<sup>69</sup> mutatja be Kína kiemelt szerepét (az USA és az EU mellett) változása jól mutatja a kibocsátások helyeit, az elkeveredés folyamatát, és az is, hogy két év alatt az északi félgömbön 8-10 ppm-es változás alakult ki, a déli félgömb értékei viszont ettől 4-5 ppm-mel elmaradtak. Jól érzékelhető, hogy a déli területek CO<sub>2</sub> tartalmának növekedését is az északi ipari területek kibocsátásai okozzák időbeli eltolódással. Az 5.20. ábrán az animáció két karakteres pillanatát mutatjuk be.

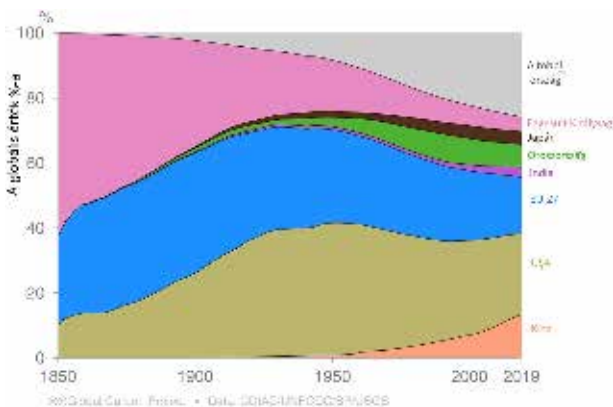


5.20. ábra. A CO<sub>2</sub> kibocsátás hatására bekövetkező légköri koncentráció növekedés 2011. január 1. és 2012. január 21. (A) valamint 2012. szeptember 25. (B) között. (Forrás: NOAA ESRL)

<sup>69</sup> A video elérhető: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/ff.html>

Bár Kína tisztában volt vele, hogy a legnagyobb üvegházgáz kibocsátó, de sokáig felelősségüket azzal próbálták csökkenteni, hogy az egy főre jutó értékek lényegesen elmaradnak a fejlett országokétól. Tény, hogy a legnagyobb szennyezők között az egy főre jutó értékben (a világátlag négyszeresével) az USA magasan vezet, de a 2010-es évek eleje óta Kína értéke már meghaladja EU-ét (lásd 5.19. ábrát).

A légköri CO<sub>2</sub> jelenkori változásainak eredetét kutató program (Global Carbon Project<sup>70</sup>) keretében kiszámolták a nagy szennyezők történelmi felelősségét is 1870-ig visszamenőlegesen. Az összegzett emisszióban (5.21. ábra) jól látszik, hogy a 19. század utolsó harmadában Európa a kibocsátások ¾-áért felelt. A 20. század közepére az EU országok mellé felzárkózott az USA (mintegy 40-40%). 2019-ig összesítve a kibocsátásokat az országok történelmi felelőssége közötti különbség lényegesen csökkent (USA 26%, EU28 22%, Kína 13%, Oroszország 7%, Japán 4% és India 3%).

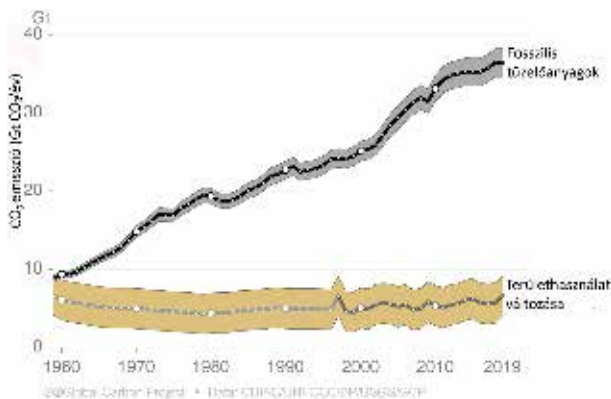


5.21. ábra. Néhány fontos ország összegzett CO<sub>2</sub> kibocsátása 1870–2019  
(Forrás: GCP 2020)

Ha a különböző gazdasági tevékenységek szerepét vizsgáljuk az elmúlt fél évszázadban, akkor megállapíthatjuk, hogy az 1960-as évek elején még a fosszilis energiahordozók és a cementgyártás CO<sub>2</sub> kibocsátása, valamint a földhasználat változásából származó érték között nem volt arányaiban nagy különbség (58%, illetve 42%), 2019-re azonban ez jelentősen megváltozott (88% illetve 12%). A vizsgált időszak alatt a földhasználat szerepe stagnált, illetve kissé csökkent (6 Gt/évről 5 Gt/év körüli értékre<sup>71</sup>), az ipari tevékenységekhez kapcsolódó kibocsátások viszont megnégyszereződtek (9 Gt/év-ről 36 Gt/évre nőtt) (5.22. ábra).

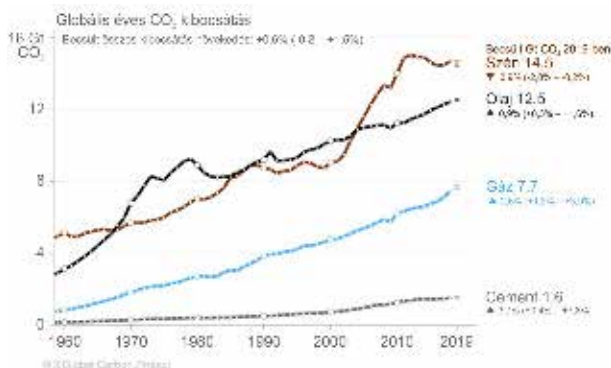
<sup>70</sup> A legfrissebb értékelés már külön tünteti fel az EU-27 és az Egyesült Királyság adatait.

<sup>71</sup> Az ábrán jól érzékelhető, hogy az 1997-es hosszan tartó indonéziai erdőtüzek közel 2 Gt CO<sub>2</sub>-t jutattak a légkörbe.



5.22. ábra. A fosszilis energiahordozókból és a földhasználat változásából származó CO<sub>2</sub> kibocsátás a Földön 1960–2019 (Gt/év) (Forrás: GCP 2020)

Az energetikai és a cementipari CO<sub>2</sub> kibocsátásokat áttekintve megállapítható, hogy a vizsgált közel 60 éves időszak elején és végén a kőszénhez kapcsolódó kibocsátások voltak a legnagyobbak. Az 1960-as évek vége felé ugyan a kőolaj átvette a vezető szerepet, azonban világgiazi árának (valamint az energiaéhség) jelentős növekedése miatt az olcsóbb kőszén felhasználása 2000 táján dinamikusán megnőtt, és 2005-től újra a környezetszennyezőbb<sup>72</sup> energiahordozó használata került előtérbe (5.23. ábra). 2019-ben a fontosabb tényezők szerepe: szén (39%), kőolaj (33%), földgáz (21%), cement (4%).



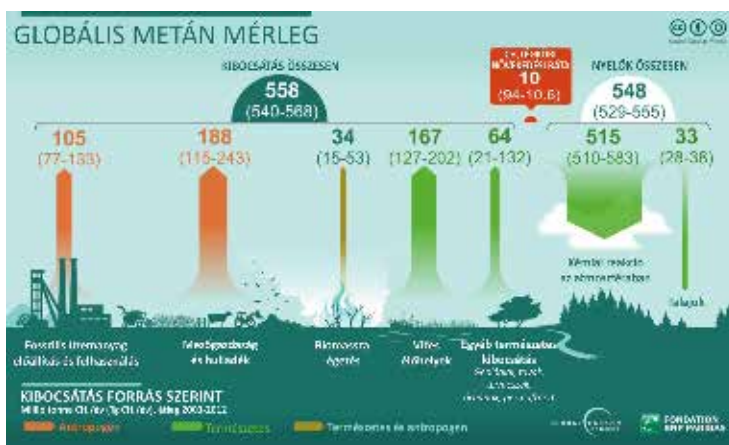
5.23. ábra. A legjelentősebb CO<sub>2</sub> források szerepe 1960–2019 (Forrás: GCP 2019)

<sup>72</sup> A nem túl dicsőséges jelzöt az utóbbi évtizedben átvette az olajpala kitermelése.

Világszerte jelentős törekvések vannak arra, hogy ezeket az üvegházgáz növelő energiaforrásokat megújuló energiákkal váltsák ki, azonban azok felhasználásának lassú bővülése és a fosszilisok további növekvő használata miatt még sajnos hosszú ideig emelkedni fog a légköri CO<sub>2</sub> mennyisége (erről később a 18.2.2. fejezetben bővebben is szólnunk).

A kutatás összegzéseként megállapítható volt, hogy másfél évszázad alatt (1870 óta) a kőszén használat 92, a kőolaj 70, a földgáz 30, a cementgyártás pedig 3 ppm-mel emelte a légkör CO<sub>2</sub> koncentrációját. A földhasználat kedvezőtlen hatásait a felszín szénelnyelése hozzávetőlegesen kiegyenlítette, az óceánok elnyelése pedig 69 ppm-mel csökkentette a légköri CO<sub>2</sub> koncentrációt.

A gazdasági tevékenységek hatékonyabb válása nyomán az 1 USD-nyi termelési értékre vonatkoztatva világszerte csökken a CO<sub>2</sub> kibocsátás, azonban az országok között jelentős különbségek vannak. 2016-ban a legnagyobb kibocsátók között Oroszország és Kína hozzávetőlegesen 2,5-ször annyi CO<sub>2</sub>-t (0,53 kgCO<sub>2</sub>/USD) bocsát ki, mint a fejlett EU-s országok és közel kétszer annyit, mint India és az USA.



5.24. ábra. A globális metánforgalom főbb összetevői (a GCP 2017 alapján)

Az üvegházhatásban második legnagyobb szerepet játszó metán légköri körforgásáról a *Global Carbon Project* keretében szintén részletes elemzést készítettek.<sup>73</sup> Megállapítható, hogy az egyes tényezők szerepét csak viszonylag tág tartományban lehet számszerűsíteni. Ennek oka leginkább a kibocsátások megítélésének bizonytalansá-

<sup>73</sup> <http://www.globalcarbonproject.org/methanebudget/16/presentation.htm>

ga. A 2003–2012 közötti időszak kibocsátásaiban az antropogén hatások szerepe valamivel meghaladja a természetet (5.24. ábra). A felszín globális melegedése azonban jelentősen megnövelheti (főként a permafroszt területeken) a metán emissziót, ami a jövőben akár át is fordíthatja az arányokat. A kibocsátások évente mintegy 10 Gt-val haladták meg az elnyelést, ez eredményezte a légköri szerepük folyamatos emelkedését (lásd. korábban 5.4. ábra).

## 5.3. Az ózon probléma

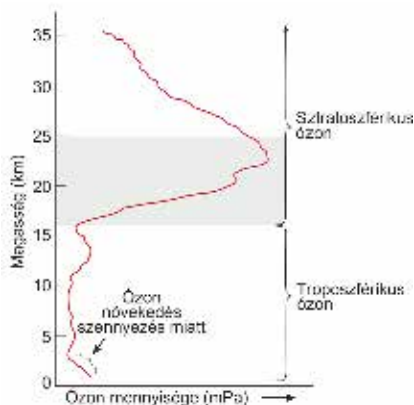
### 5.3.1. Az ózon mennyiségi változásainak háttere

Ha napjainkban valaki az „ózonlyuk” kifejezést hallja, aligha fog visszakérdezni, hogy mi is az, pedig ezt a légköri jelenséget csak az 1980-as évek közepén fedezték fel. A földi élet szempontjából kiemelt jelentőségű sztratoszférikus ózonréteg sérülésének ténye pedig szinte azonnal mozgósította a döntéshozókat, s 1985-ben nemzetközi egyezményrel (lásd később a 18.2.1. fejezetben) próbálták meg védelmét biztosítani.

Az ózon sajátos szerepet tölt be a Föld légkörében. A sztratoszférában található ózon (az összes ózon kb. 9/10-e) UV-sugárzás szűrő szerepe nélkülözhetetlen az élővilág számára: teljes egészében kiszűri az élővilágra káros UV-C sugárzást (hullámhossz <290 nm), és jelentősen csökkenti a még szintén veszélyes UV-B sugárzás (290–320 nm) erősségét. A felszín közelében (a troposzférában) képződő ózon azonban agresszív, oxidáló hatású üvegházgáz, a nagyvárosi fotokémiai szmog jellegzetes összetevője, azaz napjainkban növekvő mennyisége káros.

A légkörben az oxigén a második leggyakoribb gáz. A levegőben az oxigén nagyobb-részt kétatomos gázmolekula formájában van jelen. Ez az  $O_2$  molekula a Napból érkező erős rövidhullámú sugárzás hatására – fotokémiai reakció során – háromatomos  $O_3$  molekulává alakulhat. Ez azonban igen könnyen elbomlik (20 °C-on 3 napos felezési idővel). Mindenkor *mennyiségét a keletkezés, a szállítódás és a bomlás együttes szerepe határozza meg.* A földtörténet során napjainkra egy egyensúlyihoz közeli állapot alakult ki a sztratoszférában (kb. 15–50 km magasságban). Az így kialakult és állandósult ózonréteg tehát az ózonkeletkezés és a bomlás egyensúlyi koncentrációja. Számítások szerint, ha megszűnne az ózon újraképződése, a jelenleg a légkörben található, mintegy 3,3 milliárd tonna ózon két év alatt lebomlana.

Az ózon függőleges eloszlása azt mutatja, hogy legnagyobb sűrűsége (a földrajzi helyzettől függően) 15–25 km közötti magasságban alakult ki (5.25. ábra).



5.25. ábra. Az ózon vertikális eloszlása a légkörben, az időszakos (tavaszi) ózoncsökkenési zóna feltüntetéseivel

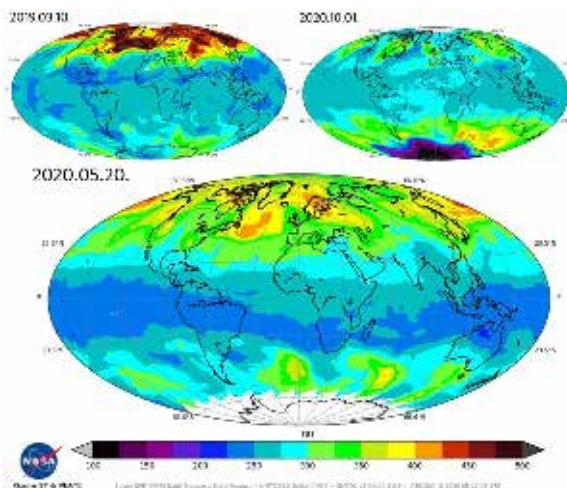
A sztratoszféra ózontartalmát Dobson egységben (DU) mérik.<sup>74</sup> Mivel az ózonképződés az intenzív UV-sugárzástól függ, a képződés fő területe a trópusi területek feletti sztratoszféra. Ez elméletben azt eredményezné, hogy a legvastagabb ózonréteg az Egyenlítő felett alakul ki. A valóságban azonban a légköri áramlások elszállítják az ott keletkező ózon egy részét, így a trópusi területek felett 250-260 DU, ugyanakkor az Északi-pólus felett az évi maximum idején 440 DU, a Déli-sarkvidék felett pedig 340 DU körüli értéket mértek az 1970-es évek végéig. A látszólagos ellentmondást az oldja fel, hogy a trópusokon keletkező ózon a tél végi, tavasz eleji heves légmozgásokkal a magasabb földrajzi szélességek felé szállítódik. Az északi félgömbön az áramlások el is szállítják azt a sarkvidékig, a déli félgömbön azonban az 50-60 szélességi foknál domináns nyugati szelek erősen korlátozza az ózon eljutását a sarkvidékig. Fő vonásokban ez az általános területi eloszlás jellemző napjainkra is (5.26. ábra).

A felszínközeli légrétegekben (a troposzférában) a napsugárzás, illetve egyes szennyező anyagok kémiai reakciói során szintén képződik ózon. Az általánosan elterjedt felfogással szemben („kellemes ózondús levegő”) a troposzférában az ózon agresszív, oxidáló anyag, azonkívül üvegházhatású gáz is, azaz káros légköri összetevő.

Az olyan fotokémiai oxidánsok, mint az ózon, már 0,5 mg/m<sup>3</sup> koncentrációban is komoly fizikai- és szellemi teljesítménycsökkenést okozhatnak.

<sup>74</sup> 1 Dobson azt jelenti, hogy normál nyomáson, tengerszintre vonatkoztatva a légréteg ózontartalma 0,01 mm-nek felel meg. A sztratoszférában átlagosnak tartott 300 Dobson 1 ppb-nek felel meg. A továbbiakban DU rövidítést használjuk.





5.26. ábra. A sztratoszférikus ózon globális területi eloszlása három jellegzetes időszakban: északi félgömbi tavasz (2019.03.10.), déli félgömbi tavasz (2020.10.01.) és egy átmeneti időpont (2020.05.20.)  
(Forrás: NASA<sup>75</sup>)

Az ózon tehát két ellentétes szerepet tölt be a légkörben: a sztratoszférában UV-sugárzás szűrő hatása miatt az élet szempontjából kiemelten fontos jelentőségű, a troposzférában azonban káros jelenléte. Éppen ezért kedvezőtlen az, hogy a magas légkörben csökkenő, a felszín közelében, pedig emelkedő a koncentrációja.

Időbeli változásában a sztratoszférikus ózon egy évszakoktól függő változást, a felszín közeli, pedig inkább egy napi változást mutat (éjszakák és nappalok közötti besugárzás különbség, illetve a légszennyezések napi menete miatt).

A légköri ózon mennyiségének felszíni vizsgálata 1956-ban az Antarktiszon indult, műholdas mérése az 1970-es évek elején kezdődött (ez 1978-ban a Nimbus-7 műhold üzembe állításával lett világméretű).

Egyes kutatók (Molina és Rowland<sup>76</sup>) már az 1970-es évek elején rájöttek, hogy erős UV-sugárzás hatására a normál körülmények között olyan nem reakcióképes és nem tűzveszélyes klórvegyületek, mint az emberi tevékenység által nagy mennyiségben kibocsátott CFC-k<sup>77</sup> ózonpusztító hatásúak, de ennek akkor még nem tulajdoní-

<sup>75</sup> A térképek forrása: <https://ozoneaq.gsfc.nasa.gov/> (a fehér szín a műhold pályája miatti adathiány)

<sup>76</sup> Molina, Rowland és Crutzen 1995-ben kémiai Nobel-díjat kaptak az ózonréteg károsodásának elméleti tisztázásáért.

<sup>77</sup> Ezeket a veszélytelennek tartott anyagokat 1928-tól gyártották, és 1930-tól hűtőberendezésekben kereskedelmi hasznosításukra is sor került. Később sprayk hajtógázaként lettek népszerűk, s 1988-as felhasználásuk meghaladta az 1 millió tonnát.

tottak jelentőséget. Az első riasztó adatok 1983-ból származnak, amikor októberben 180 DU-nél kisebb értéket mértek az Antarktiszon. A „bomba” akkor robbant, amikor brit tudósok (Farman, Gardinar és Shanklin) a *Nature* 1985. májusi számában publikálták azokat a műholdas adatokat, amelyek az Antarktisz feletti ózonréteg jelentős elvékonyodását mutatták be. Bár rövid ideig a NASA ezt még mérési hibának tartotta, a későbbi vizsgálatok az ózonsökkenés tényét megerősítették, sőt több évre visszamenőleg is kimutatták.

A kutatók mind elméleti oldalról, mind számos részletes mérés segítségével keresték a magyarázatot. Bár először felvetődött a lehetősége annak, hogy csupán egy légköri elkeveredési problémáról van szó, ezt azonban rövid idő alatt elvetették, és egyre inkább előtérbe került a Molina és Rowland által korábban felvetett ózonbontási lehetőség.

A kutatók bebizonyították, hogy a sztratoszférikus ózon bontásában a poláris sztratoszférikus felhők (PSzF) két csoportja játszik fő szerepet. Az egyiknél a kondenzációs magokra víz, azaz jég csapódik ki  $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$  alatti hőmérsékleten. Ezek közül - ha gyors lehűlés során nagyobb jégkristályok képződnek - jellegzetesek a gyöngyházfelhők (nevüket sajátos fénytörésük nyomán kialakult színükről kapták). Másik csoportjuk esetén a lehűlés lassú, és igen apró jégkristályok alkotják a felszínről alig észlelhető felhőket, amelyek megjelenéséhez már  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hideg is elég. Ezekben salétromsav-trihidrát ( $\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), vagy salétromsav és kénsav, vagy salétromsav jelenléte a meghatározó. A PSzF-k közül csak a gyöngyházfelhőket könnyű felismerni, a másik két fajtájuk inkább csak műszerekkel mutatható ki. Ezek a felhők nem rendkívüli jelenségek (a gyöngyházfelhőkről már évtizedek óta hírt adtak), jelentőségük azonban akkor nőtt meg, amikor a légköri átkeveredés során ózonkárosító anyagok is a sztratoszférába kerültek. Ugyanis ezekben az igen alacsony hőmérsékletű felhőkben, mint gyújtókban (rezervoárokbán) kötődnek meg és halmozódnak fel azok a klór- és brómvegyületek<sup>78</sup>, amelyek a hőmérséklet tavaszi emelkedésekor felszabadulnak, majd az UV-sugárzás hatására átmenetileg felbomlanak, és miután részt vettek az ózon bontásában, eredeti állapotukba visszaalakulnak. Azaz csak katalizátorként vesznek részt az ózon elbontásában, majd megmaradva újra kezdenek káros szerepüket.

Mint az előbb láttuk, a PSzF-k kialakulásához igen alacsony hőmérséklet szükséges, s ez tartósan inkább a nagy jégtömeggel rendelkező Antarktisz felett, téli időszakban tud kialakulni. A rezervoárokból felszabaduló vegyületek ózonbontása azonban elindít egy visszacsatolási folyamatot is: mivel az ózon elnyeli a napfényt, ezáltal melegíti is a légkört, ha viszont csökken az ózonréteg, a légkör lassabban melegszik föl, tovább fennmaradhatnak a PSzF-k, azaz nagyobb mértékű lehet hatásuk is.

<sup>78</sup> A brómvegyületek főként tüztöltő készülékekből származnak, s együttes hatásuk kb. ötöde a klórkészítményeknek.

Ha megvizsgáljuk az ózonkoncentráció időbeli és vertikális változását, illetve azok kapcsolatát a hőmérséklet alakulásával, meggyőződhetünk a PSzF-nek tulajdonított szerep fontosságáról.<sup>79</sup> A déli sarkvidék napi adatai azt mutatják, hogy az ózontartalom maximuma általában a januári 300 DU érték után a március időszakban alakul ki (320 DU körül), s a legnagyobb koncentrációja 18–23 közötti magasságban található. Ekkor a hőmérséklet  $-40^{\circ}\text{C}$ -nál melegebb a 10 km-nél magasabb tartományban. Az ősz és a tél folyamán, a besugárzás csökkenésével folyamatosan hűl a levegő a 12–15 km-nél magasabb rétegekben (legalább 4 hónapig a mínusz 90 és mínusz 70  $^{\circ}\text{C}$  közötti tartományban marad, minimumát júliusban éri el). Ez idő alatt igen lassan csökken az ózontartalom (a csökkenés a felsőbb régiókból folyamatosan az alsóbbak felé halad), de még a déli félgömb tavaszának kezdetekor (szeptember eleje) is 220 DU körül alakul. A tavasz kezdetén a hőmérséklet gyorsan emelkedni kezd a 15–30 km-es tartományban, s ez drámai gyorsaságú változásokat indít el az ózontartalom csökkenésében. Alig több mint két hét alatt az ózon mennyisége 220-ról kb. 120 DU-ra esik, miközben szeptember közepétől október közepéig a 15–20 km-es magasságban teljesen meg is semmisül az évek többségében. Ebben az időszakban (amikor a hőmérséklet  $-85$ , majd  $-78^{\circ}\text{C}$  fölé emelkedik) szabadulnak fel a PSzF-rezervoárokból a korábbi hónapok során felhalmozódott ózontartó gázok. A növekvő besugárzás hatására növekszik az ózonképződés, és a nyár elejére már 250 DU körüli érték alakul ki. Az éves változási tendenciában több évben megfigyelhetők olyan rövid időszakos változások, amelyek a trópusi területek felőli ózonszállításra utalnak.

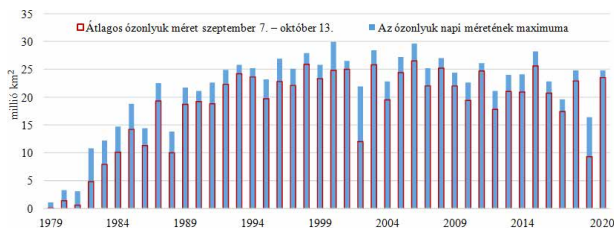
### 5.3.2. Az ózonlyuk

Az ózonréteg jelentős elvékonyodását ózonlyuknak nevezik. Ez azonban megtévesztő elnevezés, hiszen nem jelenti az ózonréteg teljes hiányát, csak annak nagymértékű csökkenését. *Jelenleg a kutatók a gyakorlatban a 220 DU érték alatti területeket tekintik ózonlyuknak*<sup>80</sup>. Ilyen területek évi rendszerességgel a Déli-sark körüli területeken alakulnak ki, az antarktiszi tavasz kezdetén. Az ózonlyuk mérete, és időtartama az 1980-as évektől kezdődően egyre riasztóbb méreteket öltött (5.27. ábra): 1989-től 2016-ig minden évben meghaladta a 20 millió  $\text{km}^2$ -t, sőt néhányszor megközelítette a 30 millió  $\text{km}^2$ -t is. Úgy tűnt, hogy talán az utóbbi néhány év fordulatot hozhat, a gyökeres változásra azonban vélhetően még várnunk kell.<sup>81</sup>

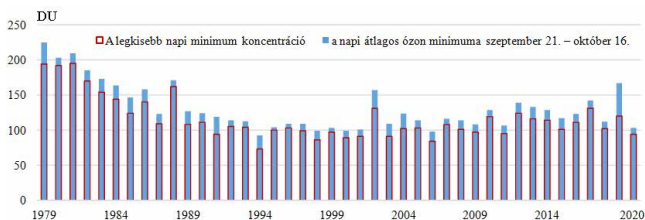
<sup>79</sup> A [https://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/spo\\_oz/movies/](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/spo_oz/movies/) címen 2000-től kezdődően minden évre megtekinthetők azok az animációk, amelyek a déli sarkvidéken mért ózonszökkenés (kék oszlop közepén) időbeli és vertikális (bal oldali több színű grafikon) alakulást mutatják az aktuális hőmérsékleten (jobb oldal).

<sup>80</sup> Ez egy megállapodás szerinti határ, ami arra utal, hogy 1979 előtt nem mértek ennél kisebb értékeket.

<sup>81</sup> Az óvatosabb fogalmazás magyarázata, hogy a 2002-es év kedvező adata után a szerző a 2003-ban megjelent könyvében már korábban is bizakodóan fogalmazott, a tények viszont a későbbiekben rossz irányba fordultak, ahogyan 2019 reményt keltő adatai után 2020-ban is.



5.27. ábra. Az ózonlyuk méretének változása a jellemző időszak (szeptember 7. és október 23. között) átlaga és az egy napi maximális érték alapján 1979–2020 (millió  $\text{km}^2$ ). (A NASA Ozone Watch adatai felhasználásával)<sup>82</sup>



5.28. ábra. Az ózonkoncentráció mértékének változása a jellemző időszak (szeptember 21. és október 16. között) átlaga és a legkisebb napi érték alapján (1979–2020). (A NASA Ozone Watch adatai felhasználásával)

Ha a déli sarkvidéki ózonkoncentráció minimális értékeit nézzük (5.28. ábra), akkor az az ózonlyuk megjelenésének évétől (1979) 1994-ig folyamatosan csökken (kivételt csupán az 1988-as év jelent) 225 DU-ról 92 DU-ra, a későbbiekben 100 DU körül alakul, majd 2010 óta emelkedő tendenciát mutat. Az általánosnak tekinthető folyamatból sokáig csak 1988 és 2002 kedvező adatai tűntek ki.

Az „ózonprobléma” kialakulását nagyon jól dokumentálhatjuk időben. Ennek három jellemző időpontját mutatjuk be az 5.29. ábrán. 1982 a kialakulás korai időszaka, 2006 a legnagyobb méretű ózonlyuk éve, 2019 pedig talán már a javuló tendencia időszaka. Az ábrák jól mutatják az ózonlyuk változásának éven belüli folyamatát is. 1982 volt az első év, amikor kialakulást időben értékelni tudták a déli féltekén. Ekkor szeptember közepétől október végéig három alkalommal alakul ki 2-6 millió  $\text{km}^2$ -es területen. Az eddig mért legnagyobb ózonlyuk 2006-ban volt (5.30. ábra). Ekkor igen gyorsan alakult ki, és augusztus utolsó harmadában már területe meghaladta a 20 millió  $\text{km}^2$ -t, szeptember 24-én alakult ki maximuma (29,6 millió  $\text{km}^2$ ), és december ele-

<sup>82</sup> A [https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/statistics/annual\\_data.html](https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/statistics/annual_data.html) címen minden évre pontos adatok találhatók. (Az 1995. évi adatokra másodlagos források vannak, meghibásodás miatt.)

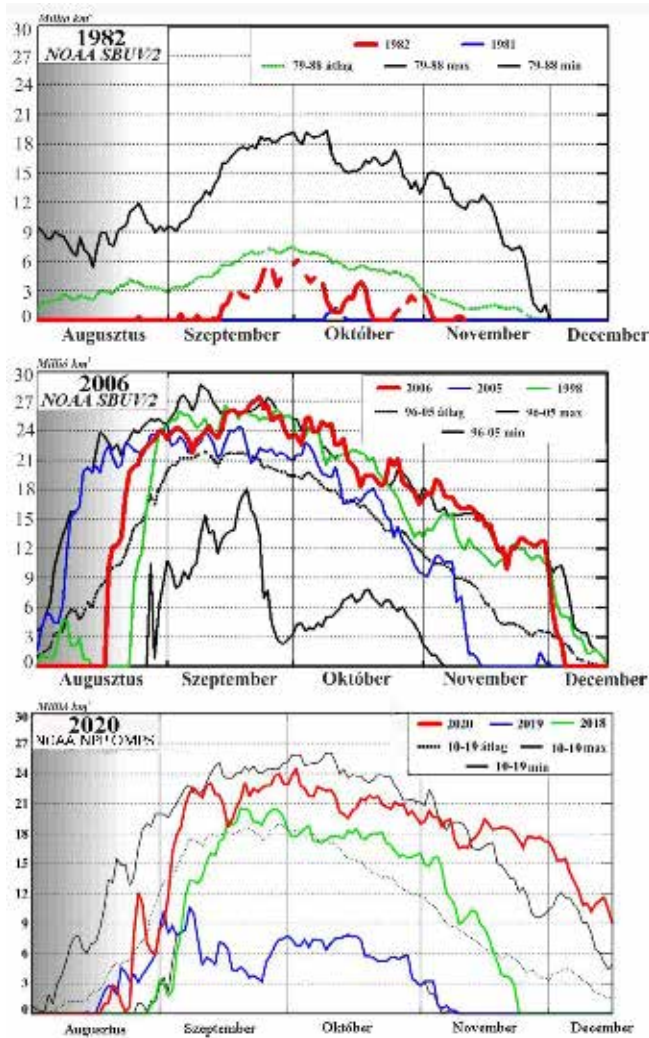
jégig 10 millió km<sup>2</sup>-nél nagyobb maradt, majd viszonylag gyorsan megszűnt. 2012 óta inkább az jellemző, hogy augusztus második felében kezd kialakulni és november közepére megszűnik. 2010-ben és 2015-ben azonban december közepéig is megmaradt.

A 2010-es évek vége felé kedvező fordulat látszott kialakulni. 2017-ben és 2019-ben az ózonlyuk időtartama számottevően rövidült (november elején megszűnt), mérete is a korábbi csúcshoz képest felére-harmadára csökkent (lásd 5.29. ábra alsó kék grafikonja). 2019-ben szeptember 8-án az ózonlyuk mérete egy rövid időre a 10 millió km<sup>2</sup>-t meghaladta ugyan, de a következő időszakban 10 millió km<sup>2</sup> alatt maradt, és jellemző értéke 6-8 millió km<sup>2</sup> körül alakult, és november vége előtt meg is szűnt. A NASA értékelése<sup>83</sup> szerint ennek két oka volt: az egyik a sztratoszféra szokásosnál melegebb hőmérséklete (szeptember során 20 km magasságban az átlagosnál 16 °C-kal volt melegebb), a másik pedig az Antarktiszat övező futó áramlat (jet stream) szokatlanul alacsony sebessége (161 helyett csak 61 mérföld). A magasabb hőmérséklet kevesebb PSzF- és így kevesebb ózonbontó anyag felhalmozódását eredményezte, a gyengébb nyugati áramlás pedig lehetővé tette a trópusok felől a magasabb ózontartalmú légtömegek eljutását a Déli-sark irányába. Így fordulhatott elő több évtized után, hogy a 15–25 km közötti tartományban nem semmisült meg teljesen az ózon.<sup>84</sup> Az elemzés nem fogalmazta meg, hogy a változásokban a globális melegeedésnek szerepe lehetne, a 2020-as év pedig cáfolta is ezt a felvetést. Ugyanis 2020 vége felé teljesen eltérő helyzet alakult ki. Egy igen hideg, 50 km magasságig is felérő hideg légörvény alakult ki az Antarktisz környezetében, ami szinte gátat képzett az észak felől érkező, ózonban gazdagabb légtömegeknek. Így szeptember első harmadától tartósan 18-24 millió km<sup>2</sup>-es ózonlyuk alakult ki november végéig, ami még december közepén is 10 millió km<sup>2</sup>-es volt, és csak karácsonyra szűnt meg. Bár a szeptemberi és októberi maximum értékek az előző évtizedek csúcserőtekeitől elmaradtak, a november közepétől december végéig tartó időszakban azonban korábban soha nem mért értékek alakultak ki (5.29. ábra alsó piros grafikonja).

Az 5.29. ábra diagramjai jól mutatják, *hogy az ózonlyuk nem állandó képződmény, de a Déli-sarkvidéken közel 4 évtizede minden évben rendszeresen kialakul*. Az elmúlt negyven év adatait statisztikailag elemezve, úgy tűnik, hogy az ózonegyezmény (lásd 18.2.1. fejezetben) hatása némi időkésséssel talán meghozta hatását, és az 1990-es évek második felétől már nem romlott a helyzet a Déli-sarkvidéken.

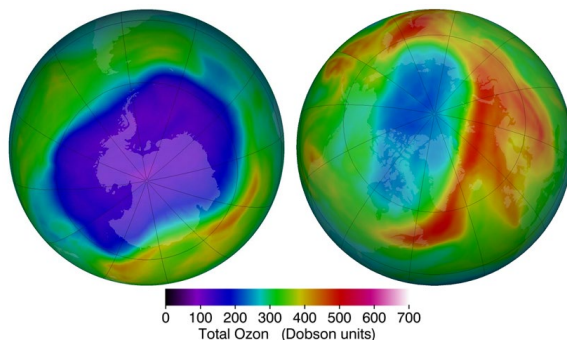
<sup>83</sup> <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/2019-ozone-hole-is-the-smallest-on-record-since-its-discovery>

<sup>84</sup> [https://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/spo\\_oz/movies/index.html](https://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/spo_oz/movies/index.html) címen összehasonlíthatjuk a korábbi évek ózonszökkenési folyamatát.



5.29. ábra. Az ózonlyuk kialakulásának és éven belüli kiterjedésének változása 1982-ben, 2006-ban és 2020-ban a déli félgömbön (Forrás: NOAA CPC<sup>85</sup>).

<sup>85</sup> Az ózonlyuk képződésének időpontjára és méretének éven belüli változására évente részletes ábrák találhatók 1980 óta a következő helyen: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/polar/polar.shtml>. Ezenkívül szinte minden évre vannak szemléletes animációk is a folyamatokról: [https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/ozone\\_maps/movies/](https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/ozone_maps/movies/)



5.30. ábra. Az eddig tapasztalt legnagyobb antarktikus (29,9 millió km<sup>2</sup>) és arktikus (kb. 1 millió km<sup>2</sup>) ózonlyuk területi kiterjedése 2006. szeptember 24-én és 2020. március 12-én. (Forrás: NASA Ozone Watch<sup>86</sup>)

Az Északi-sark környezetében – miután itt a lehűlés némileg elmarad az antarktisztól – csak rövidebb ideig figyelhetők meg a PSZF-k. Így hiába keletkezik az északi féltekén az ózonkárosító anyagok nagyobb része, azok a sztratoszférában itt kevésbé tudnak megkötődni, s ezért juthatnak el a déli tájakra is. Ez az oka annak, hogy bár ózonlyukszerű alakzatok az északi félgömbön is kialakulnak időnként, azok mind méretükben, mind a vékonyodás mértékében és tartósságukban elmaradnak az Antarktisztól képződöttéktől. Az északi félgömbön 1995–96 igen hideg télén, majd azt követően kora tavaszoként egyre gyakrabban tapasztaltak (az 1979–1986 évi átlaghoz viszonyítva) akár 45%-ot meghaladó ózonritkulást, ennek értéke azonban tartósan még nem került 220 DU alá. Először 1999. november 30-án, ha csupán egyetlen napra is, már kialakult egy kb. 1000x3000 km-re becsülhető ózonlyuk Észak-Európa felett. 2011 márciusában pedig már több napra kialakult egy ózonlyuk az északi félgömbön is. Igaz az ózon koncentráció mértéke csak alig került 220 DU alá, és területe is legfeljebb egy millió km<sup>2</sup> volt, de az ózonszökkenés %-os értéke többször meghaladta a 40%-ot. 2016 februárjában a PSZF képződésének megfelelő nagy hideget észleltek, és ez alapján újabb ózonlyuk kialakulását prognosztizáltak, azonban ez akkor még nem következett be. 2020 tavaszán viszont már másfél hónapig kialakult egy közel 1 millió km<sup>2</sup>-es ózonlyuk, melynek minimum értéke 205 DU körül alakult.

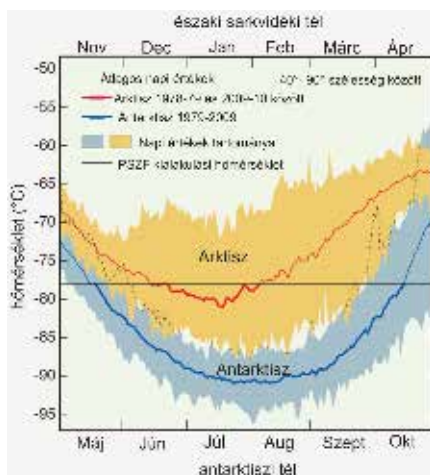
Azt, hogy mi az oka az északi és déli félgömb ózonfogyása közötti nagy különbségnek, három ábra tanulmányozásával érthetjük meg jobban. Az északi félgömbön, a sarkvidéki

<sup>86</sup> Napi információk elérhetőek: [https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/monthly/monthly\\_2020-06\\_SH.html](https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/monthly/monthly_2020-06_SH.html) és [https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/monthly/monthly\\_2020-06\\_NH.html](https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/monthly/monthly_2020-06_NH.html). Az északi sarkvidéki ózonlyuk méretéről megjelentek nagyobb értékek is (pl. három Grönlandnyi méretű), azonban több értékelés és az 5.30. ábrapár is inkább az egy millió km<sup>2</sup>-t valószínűsíti.



területeken a téli főlév hőmérséklete 10-25 °C-kal magasabb, mint a délin, és csak rövidebb időszakra csökken  $-78^{\circ}\text{C}$  alá,  $-85^{\circ}\text{C}$  alá pedig nem is süllyed (5.31. ábra). Korábban említettük, hogy ezek azok a hőmérsékleti értékek, amikor kialakulhatnak az ózonkárosító anyagokat összegyűjtő poláris sztratoszférius felhők. A másik ok, hogy a jobb légköri elkeveredés miatt az északi félgömbön mintegy 100 Dobsonnal magasabb szintről indul a fogyási folyamat (5.32. ábra). A következmény látható a vertikális eloszlásban: amíg a Déli-sark körül a kora tavaszi időszakban a 15–20 km-es magasságban (ahol az ózon zöme található) néhány hétre akár teljesen is eltűnhet az ózon, addig északon általában csak jelentős csökkenés alakul ki (5.33. ábra).

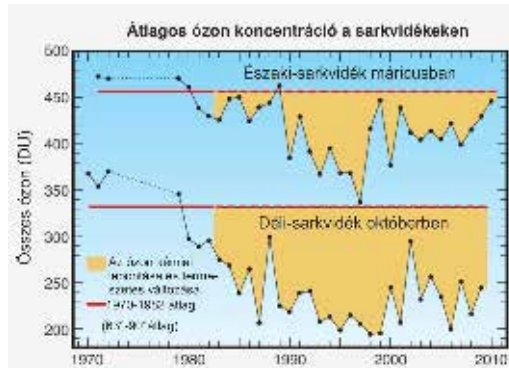
A kutatási eredmények megmutatták, hogy a 2020 tavaszán az északi sarkvidéken tapasztalt „rendkívüli” ózonlyukat a sztratoszféra nagymértékű lehülése okozta. Normál években a növekvő napállás miatt a hőmérséklet emelkedése tapasztalható. 2020-ban viszont január utolsó harmadától március közepéig tartós lehülés következett be (a sokévi átlagnál 10-20 fokkal hidegebb alakult ki)<sup>87</sup>, és már január 26-án is kialakult egy „mini ózonlyuk”, majd ezt követte a márciusi tartósabb.



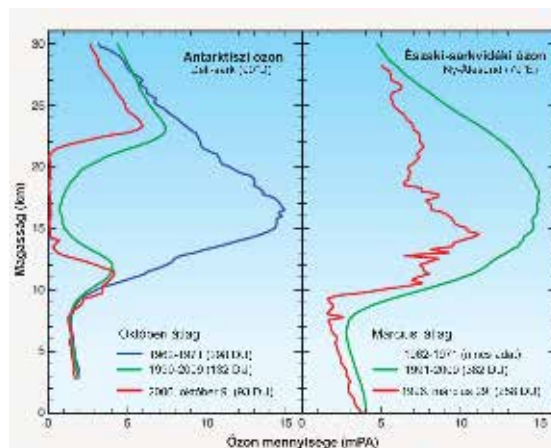
5.31. ábra. A minimális léghőmérsékletek a sztratoszférában az északi és déli félgömb tavaszi időszakában (Forrás: Fahey és Hegglin 2010 alapján)

<sup>87</sup> Lásd: <https://www.theweathernetwork.com/ca/news/article/rare-arctic-ozone-hole-stretches-from-hudson-bay-to-siberia>





5.32. ábra. Az átlagos ózonszint a sarki területeken (Forrás: Fahey és Hegglin 2010)



5.33. ábra. Az ózonszint csökkenésének vertikális különbségei az északi és déli félgömb egy-egy mérőállomásán (Forrás: Fahey és Hegglin 2010)

Az ózonszint csökkenése igen komoly egészségügyi kockázatot jelent. Ha megnézzük az emberi egészségre is veszélyt jelentő ózonszint csökkenés potenciális területeit, illetve a Földünk népességének területi eloszlását, akkor megállapíthatjuk, ugyan a legnépesebb térségek nincsenek komolyabban veszélyeztetve, de így is akár 600 millió főt érinthet a vékonyodó ózonszint miatt megnövekvő UV-B sugárzás, leginkább Európában (5.34. ábra). Érintett lehet még a nagyobb tengerszint feletti magasságon élő népesség (például Dél-Amerikában az Altiplano déli területein).



5.34. ábra. A népsűrűség megoszlása a Földön (fő/km<sup>2</sup>)<sup>88</sup>, és az ózonszükkenés által leginkább egészségügyileg veszélyeztetett területek.

### 5.3.3. Ki a felelős az ózonréteg csökkenésért?

Már az 1970-es évek közepén felmerült, hogy egyes ember által előállított, normál földfelszíni körülmények között káros hatásokat nem okozó vegyületek (gázok) a sztratoszférába kerülve – az erős rövidhullámú sugárzások hatására – elbomlanak és károsíthatják az ózonréteget. Ezek a félelmek az ózonlyuk felfedezésével igazolódtak be 1985-ben. Megállapítást nyert, hogy főként a klór, a fluor és a bróm vegyületei azok, amik az ózombontásban meghatározó szerepet játszanak. Az 1950-es évektől a főként spraykben, hűtőszekrényekben, légkondicionálókban használt freonok (CFC-11, CFC-12), illetve a tűzoltó-készülékekben alkalmazott halonok elterjedése (majd ezek feljutása a sztratoszférába) okozta az ózonréteg károsodását. A halonok ózonkárosító potenciálja (ODP) többszöröse a freonoknak (5.3. táblázat).

Bár a sztratoszférikus ózon csökkenéséért felelős vegyületek részben és kisebb arányban természetes úton is keletkezhetnek (5.35. ábra), az ipari méretű hasznosításuk okozott komoly változásokat. A felismert veszélyre nagyon gyorsan reagált a nemzetközi közösség (lásd később a 18.2.1. fejezetben), azonban ezen gázok hosszú légköri tartózkodási ideje miatt a gyors kibocsátás csökkentés is csak nagyon lassan hozhat eredményt. Az üvegházhatás hátterét vizsgálva azonban az is kiderült, hogy a freonok (elsősorban nagy melegítési potenciáljuk miatt) a globális melegedés folyamatában is számottevő szerepet játszanak, így használatból való kivonásuk két globális légköri probléma szempontjából is fontos volt. Nagyobb részben a freonok szerepének kiváltására vezették be a HFC-eket. Ezeknek a gázoknak nincs ugyan

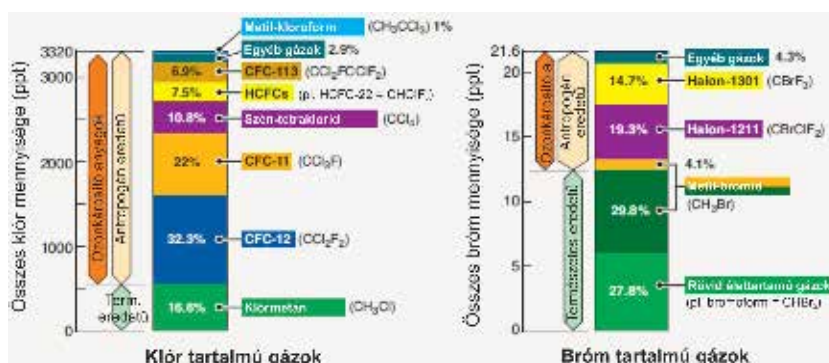
<sup>88</sup> Az alaptérkép forrása <http://www.worldometers.info/world-population/#density>

ózonkárosító hatásuk, azonban elterjedésük növekvő hatással van az üvegházhatás fokozódására (lásd korábban 5.4. ábra).

5.3. táblázat. A legfontosabb ózonréteget károsító gázok fontosabb adatai  
(Fahey és Hegglin 2010 alapján)

Gáz	Tartózkodási idő az atmoszférában (év)	Globális kibocsátás 2008-ban* (ezer t/év)	Ózonkárosító potenciál (ODP)	Globális melegítési potenciál (GWP)
<b>Klorgázok</b>				
CFC-11	45	52-91	1	4750
CFC-12	100	41-99	0,82	10900
CFC-113	85	3-8	0,85	6130
szén-tetraklorid (CCl <sub>4</sub> )	26	40-80	0,82	1400
HCFC-k	1-17	385-481	0,01-0,12	77-2220
metil kloroform (CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub> )	5	<10	0,16	146
metil-klorid (CH <sub>3</sub> Cl)	1	3600-4600	0,02	13
<b>Bróm gázok</b>				
halon-1301	65	1-3	15,9	7140
halon-1211	16	4-7	7,9	1890
metil-bromid (CH <sub>3</sub> Br)	0,8	110-150	0,66	5

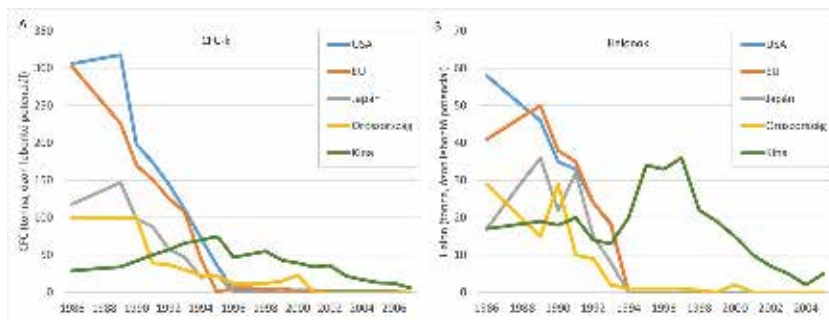
\* A természetes és mesterséges források együttesen.



5.35. ábra. A sztratoszférába kerülő ózonkárosító halogéntartalmú gázok szerepe 2008-ban  
(Forrás: Fahey és Hegglin 2010)

Ha a konkrét felelősséget keressük, akkor általánosságban megállapíthatjuk, hogy abban a környezetpolitikai elvek között szereplő *elővigyázatosság* hiánya a fő bűnös. Olyan anyagokat használt az emberiség, aminek környezeti kockázatait nem ismerte kellő mértékben. Amikor ennek felismerése megtörtént, akkor az országok gazdasági lehetőségeik függvényében viszonylag gyorsan reagáltak<sup>89</sup>. A legnagyobb felhasználó fejlett országok (USA, EU, Japán) 1986-ban még a CFC-k közel 70%-át használták, ez 1995-re 21%-ra, 2000-re pedig 4% alá csökkent. Ezzel szemben – az 1990-es években gyorsan növekvő, de ekkor még „fejlődő” országnak tekintett – Kína 1998-ban érte el a csúcst (35%), és csak kisebb ütemben tudta visszaszorítani a termelést (5.36. ábra).

A CFC-k termelését a legfejlettebb országok az 1990-es évek közepére megszüntették, de Kína és India éppen az 1990-es években fokozta termelését. A termelési csúcst csak az évtized vége felé érték el, és a gyártást fokozatosan csökkentve csak 2009-re szüntették meg érdemben. Sajnos azonban az utóbbi években Kína ÉK-i térségeiből ismét növekvő CFC kibocsátás tapasztalható<sup>90</sup>, s talán ennek is szerepe van az ózonlyuk csökkenésének időnkénti megtorpanásában.



5.36. ábra. Az ózonkárosító anyagok termelése a jelentősebb országokban 1986–2006  
(Forrás: UNEP OS adatai alapján<sup>91</sup>)

A halonok felhasználása világviszonylatban 1986-ban mintegy ötöde volt a freonokénak (218 ezer tonna), ez 1994-ig számottevően csökkent (35 ezer t), majd Kína termelésének (1990-es évek közepi) felfutásával 1997-ig emelkedett, utána fokozatosan

<sup>89</sup> Az egyes országokra vonatkozó részletes termelési és felhasználási adatok interaktív lekérdezéssel elérhetők: <http://ozone.unep.org/en/data-reporting/data-centre>

<sup>90</sup> Egy 2019-es elemzést lásd: <https://www.bbc.com/news/science-environment-48353341>

<sup>91</sup> Az adatok ózonkárosító potenciálra (ODP) vannak átszámolva, és az 1 ezer tonnánál kisebb értékeket már nem vettük figyelembe.

csökkent, és 2004-től minimális, 2009 után megszűnt. A CFC-k részletes felhasználási adatait áttekintve, az állapítható meg, hogy a nemzetközi megállapodás hatására a felhasznált mennyiség gyorsan csökkent, de a használó országok száma eleinte csak lassan változott (1995: 173 ország, 2000: 158, 2005:132, 2010: 8), és hivatalosan csupán 2016-ra szűnt meg teljesen.

Az ózoncsökkenés okai között egy természetes tényezőnek, a vulkánosságnak is lehet közvetett szerepe. A PSzF esetében ugyanis a jégkristályok kondenzációs magját leggyakrabban kénvegyületek adják, s egy-egy nagyobb vulkánkitörés alkalmával könnyen nagy magasságba kerülhet tetemes mennyiségű kén. A Pinatubo vulkán (Fülöp-szigetek) 1991. évi kitörésekor mintegy 20 millió tonna kén-dioxid löködött a sztratoszférába, egészen 25 km magasságig, és ez a közepes földrajzi szélességeken az ózon 10%-át semmisítette meg. Egy ilyen méretű kitörés 1-2 éven át megnövelheti az ózonbontó gázok felhalmozódását segítő PSzF-k kialakulásának gyakoriságát, de ennek hosszú távú hatása kisebb.

## 5.4. Savas esők

A jelentős területekre kiterjedő, légkörhöz kapcsolódó környezeti problémát jelent a savas ülepedés, aminek ismertebb megnyilvánulása a savas eső. A jelenség a világ számos táján érzékelhető, mégis több elemében lényegesen különbözik az eddig bemutatott globális légköri problémáktól. Az egyik különbség az, hogy nem egységes globális probléma, hanem olyan hatalmas területekre kiterjedő regionális problémák együttese, amely nem érinti a világ minden táját, hanem elsősorban az ipari és urbanizált területek környezetében jelentkezik. A másik eltérés, hogy a savas esők kialakulását olyan gázok eredményezik, amelyeknek légköri tartózkodási ideje rövidebb, inkább csak az alsó légkörre, a troposzférára korlátozódik hatásuk – ez magyarázza azt, hogy károkozásuk regionális, és nem globális problémaként jelenik meg.

Egyes iparosodott területeken már a 17. században tapasztalták a savas légszennyezéseket, a légkörben található kénvegyületek káros hatásaira pedig már a 19. század második felében felhívta a figyelmet R. A. Smith angol vegyész (ő használta először az „acid rain” fogalmat is 1872-ben). Később az 1950-es évek elején néhány extrém nagyvárosi légszennyezés során a kutatók már vizsgálták a csapadékok kémiai tulajdonságait, de a savas esők problémája mégis csak az 1970-es évek második felében robbant a köztudatba. 1978-tól említik a jelenséget, majd az 1980-as évek közepén már cikkek ezrei foglalkoznak vele. *De mit is értünk a savas esők fogalmán?*

A normál csapadék pH-ja 5 és 6,5 között változik, ezért azokat tekintjük savas esőknek, amelyeknek értéke 5-nél kisebb. Az esők savasságát okozó gázok (kén-, nitrogén- és szénoxidok) elsősorban a fosszilis tüzelőanyagok elégetése és ipari tevékenységek

során kerülnek a levegőbe. Ezek a gázok a felhőkben levő vízgőzzel kénsavat, illetve salétromsavat képezhetnek, s így megváltoztatják a lehulló csapadék pH-ját. Kezdetben a savas esők megjelenését (és például az általuk kiváltott erdőpusztulásokat) természetes jelenségnek gondolták, s csak a részletesebb vizsgálatok derítették ki valódi természetüket. (Az igazsághoz hozzátartozik, hogy a vulkánok által levegőbe juttatott kén természetes úton is előidézhet savas esőket.)

Globálisan a savas esők 60-70%-áért a kén tartják felelősnek – s ennek kb. 9/10-e emberi hatás következménye. A felhasznált kőszénekben általános a 2-3%-os kén-tartalom, ami az égetés során  $\text{SO}_2$  formájában a levegőbe kerül. A második legfontosabb kénforrás a fémkohászat, a harmadik – már természetes szennyezőként – a vulkánosság, majd a szerves anyagok bomlása említhető. A salétromsav képződéséhez szükséges nitrogén-oxidok levegőbe juttatásáért kb. 95%-ban felelős az emberi tevékenység. A legfontosabb  $\text{NO}_x$  források: a szén-, a kőolaj- és a földgáz-felhasználás (égetés, közlekedés, vegyipar), a műtrágyázás, a talajbaktériumok és az erdőtüzek.



5.37. ábra. A felszíni vizek regisztrált savasodása Európában az 1980-as évek végén  
(Forrás: Europe's Environment 1995)

Az imént felsorolt fő szennyező források is mutatják, hogy miért éppen az ipari és nagyvárosi térségek azok, ahol leginkább jelentkezik a savas esők hatása. Szélsőséges esetekben az esők pH-ja akár 2-2,5-ig csökkenhet (ipari, nagyvárosi környezetben gyakran kerülhet 4-es pH alá). A szennyezések hatásterülete a fő szélirányoknak megfelelően alakul ki. A kén-dioxidok akár 1500-3000 km-ig jelentős hatást okoznak, a nitrogén-oxidok pedig vélhetően még nagyobb távolságokra is eljutnak. Ez az oka

annak, hogy a skandináviai országok savas esőieért (5.37. ábra) jórészt a brit, német és lengyel szennyezések felelősek, illetve a Japánban jelentkező kénszennyezés mintegy harmadrészen Kína területéről származik. Az, hogy milyen mértékben lesz savas a csapadék, a levegőben levő anyagok koncentrációján túl, a meteorológiai körülményektől is függ. Mivel az esőben oldott anyagok, savak mennyisége függ az esőcseppek méretétől, élettartamától és hőmérsékletétől, általában az figyelhető meg, hogy a felhő savasabb, mint az eső, az eső savasabb, mint ha hó formájában hullik le a csapadék (ugyanis a jég már nem tud további gázokat felvenni), egy nyári zivatar pedig savasabb, mint a csendes eső. A hóban felhalmozódó savak viszont a tavaszi hóolvadáskor akár 5-10-szeres hatást is kifejthetnek rövidebb ideig, mint a lehulló savas eső.

A savas ülepedés általános, de kevésbé tárgyalt esete az ún. *száraz ülepedés*. Ilyenkor a levegőben levő savanhidridek, a légkör szárazsága miatt nem tudnak savvá alakulni, hanem a levegőből kiülepednek, és később nedvességhez jutva fejtik ki savas hatásukat. A könyv szerzőjének 2001 nyarán meghökkentő „találkozása” volt ezzel a jelenséggel. Mexikóvárosba érkezve fél nap után azt tapasztaltam, hogy véres az orrom, s rövidesen kiderült, hogy társaim is hasonlóan jártak. Ekkor döbbsentem rá, hogy ez nem másnak, mint a száraz ülepedésnek következménye. A világváros nagyon szennyezett levegőjében (a száraz évszakban jelentős szmog alakult ki) a savanhidridek ott lebegtek a levegőben, majd ezek orrunk nyálkahártyáján jutottak nedvességhez, s itt alakultak savakká. A problémánk a várost elhagyva megszűnt, de máig megmaradt a kellemetlen érzés: az ott (illetve a hasonló körülmények között) élőknek mennyit vesz el az életéből ez a rendszeresen ismétlődő állapot. És ez csak egy volt a savas ülepedés változatos következményei közül. Néhány évvel később a szintén szmogos Pekingben jártam. Az előzmények miatt már figyeltem, hogyan reagál rá az orrom. A magasabb páratartalom miatt itt nem éreztem kedvezőtlen változást. (A tapasztalatok szerint egyébként száraz évszakban sincs olyan élettani hatás, mint Mexikóvárosban, ugyanis a Belső-Ázsia löszös területei felől érkező porok ásványi összetétele lecsökkenti a levegő kénsav tartalmát.)

Ahogy már említettük, a kutatások ugyan feltárták, hogy főként a kén- és a nitrogén-oxidok (és a gyenge savat okozó szén-dioxid) a felelősek a savasságért, de a helyi körülmények függvényében tovább bővíthető a „bűnösök” listája. Néhány szénfajta klórt is tartalmazhat, amiből sósav képződhet, az intenzív állattenyésztést folytató területeken a trágyából ammónia szabadulhat fel, ami később nitrogén-oxidokká alakulhat, az iparhoz vagy a közlekedéshez kapcsolódva pedig illékony szerves vegyületek szabadulhatnak fel. A fák károsodásáért sokszor a fotokémiai szmogban képződő ózon is felelőssé tehető (egyes becslések szerint Európa faállományának negyede leveleinek legalább 25%-át veszítette így el).

A savas esők közvetlenül és közvetett módon is kifejtik hatásukat. Közvetlenül úgy, hogy lehullva (kiülepedve) károsítják a növényeket, építményeket. Hatásukra jelentős erdőterületek szenvednek kárt vagy pusztulnak ki, építmények (illetve díszítéseik)



roncsolódnak. Mexikóban egyes maja romoknál azt tapasztalták, hogy egy bő évtized alatt akár 1 mm is lemaródhat azok felszínéről. Máshol a vizes területekre hulló savas csapadék oly mértékben meg tudja változtatni egy tó pH-ját, hogy annak élővilága részben kipusztul. Kanada mintegy 300 ezer tavából, több mint 14 ezernek változott meg annyira a vízminősége a savas esők hatására, hogy halállományuk szignifikánsan átalakult. Egyik szélsőséges példa, hogy a Sudbury melletti kohók hatására a Clearwater Lake vizének pH-ja 4,1-re csökkent (de még a környezetvédelmi beavatkozások után is, 1986-ban csak 4,7 volt). Az 1990-es évek elején Svédország 85 ezer egy hektárnál nagyobb tavából 14 ezer már jelentősen savasodott, s további 4 ezerben kezdetén járt a folyamat, ennek következményeként az ország vizeinek mintegy 40%-ából már hiányoztak a savasodásra érzékeny fajok.

Érdekes módon nemcsak pusztítás útján, hanem például a folyamat által kiváltott túltáplálással is károsodhat az élővilág. A levegőben levő nitrátok oly mértékben meggyorsíthatják egyes növények növekedését, hogy azok kevésbé lesznek ellenállóak. Olyan megfigyelések is vannak, hogy ilyen „túltáplálás” hatására egyes fajok anynyival gyorsabban fejlődnek, hogy elnyomják a környezetükben levőket, s értéktelen, diverzitással alig rendelkező területek alakulnak ki.

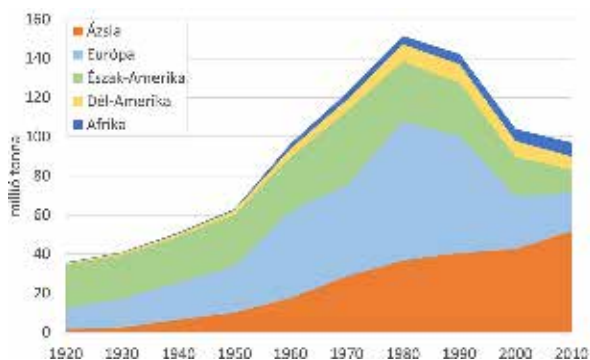
A savas esők a legjelentősebb károkat a talajok károsításával okozzák. A talajok pH-jának csökkenése során előbb a – növények fejlődése szempontjából fontos – kalcium- és magnéziumsók oldódnak ki, a pH további csökkenése során azonban már oldatba kerülhetnek olyan az élővilágra veszélyes ionok is, mint az alumínium vagy a kadmium. A pH-változással együtt elpusztulnak a talajbaktériumok és a talajlakó férgek, csökken a talajok biológiai aktivitása, a felszínre kerülő szerves anyagok lebontása lassul, miközben jelentős tápanyag kerül ki a természetes körforgásból. Komoly problémát jelent, hogy a folyamat sokáig rejtve maradhat, s csupán apró jelei észlelhetők. Az erdő ugyanúgy zöld marad, de benne csökken a fák növekedési üteme, esetleg csak a pH változásra érzékeny fajokra korlátozódik, s lassú változás kezd kialakulni a fajösszetételben. Példaként említhető, hogy az Appalache-hegységben (USA) a tölgyfák pusztulási aránya 1960 és 1990 között duplájára nőtt. Németországban főként a fenyők, Magyarországon az 1980-as években pedig a lombos erdők szenvedtek jelentősebb károkat. Kanada keleti részén az erdők több mint felét károsították a savas esők. Megjegyezzük, hogy az erdőpusztulások hátterében a savas esők közvetlen hatásán túl annak közvetett hatásai (a talajok pH-jának csökkenése, nitrogén felhalmozódás) vagy extrém időjárási helyzetek, netán kórokozók, kártevők elterjedése is állhatnak.

A savas esőket okozó légszennyezések mértéke leginkább három tényező eredője: az egyik az *iparosodottság*, a másik a *környezetvédelmi szabályozások hiányosságai*, a harmadik a *vulkánkitörések*hez kapcsolódó gáz kibocsátások. A fejlett, de környezetre nem figyelő ipar az 1980-as évekig Európát és Észak-Amerikát szennyezte súlyosan, nem véletlenül itt szembesültek először a probléma látható következményeivel.



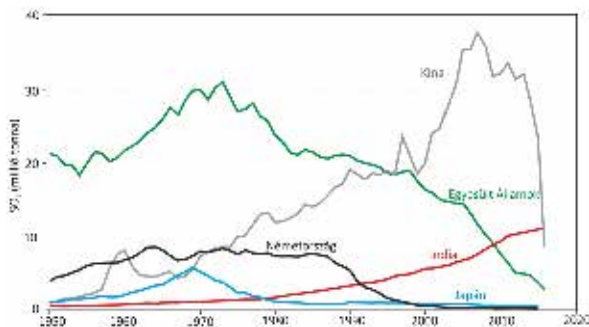
Az emberiség  $\text{SO}_2$  kibocsátása a II. világháborút követően rohamosan megnőtt (1950: 63 millió t, 1970: 140 millió t) és 1980-ban kb. 151 millió tonnával elérte a maximumot. A későbbi csökkenés oka, hogy az 1970-es évek végére bebizonyosodott, hogy számos akkoriban felerősödő környezeti probléma hátterében a savas esők állnak. Az ennek nyomán meghozott intézkedések hatására a legnagyobb szennyező Európa húsz év alatt több mint felére csökkentette a  $\text{SO}_2$  kibocsátását (1980: 71 millió t, 2000: 27 millió t). Azonban az ázsiai országok gazdasági megkésetttsége miatt ott (a növekvő energiafelhasználáshoz kapcsolódva) folyamatosan nőtt (5.38. ábra). Így később – a fejlettebb országokban tett hatékonyabb környezetvédelem nyomán – a probléma már leginkább a gyorsan iparosodó fejlődő országokat (és környezetüket) sújtja.

Az egyes országok kibocsátási trendjei nagyon különbözőképpen alakultak (5.39. ábra). A korábban legnagyobb szennyező USA már az 1970-es évek közepe óta csökkentette a kibocsátásokat, majd a 2000-es évek eleje óta ennek ütemét is meggyorsította (így összességében több mint tizedére esett annak mértéke). Németország az ország újraegyesítését követően lényegében felszámolta a korábban nagyobb részben a keleti országrészre jellemző környezetszennyező ágazatokat. Japánban az 1960-as évek gyorsan növekvő kibocsátásait egy hasonlóan gyors csökkenés követte az 1970-es évtizedben. A két nagy népességű ázsiai országban az utóbbi években jelentős változás történt: a korábban legnagyobb  $\text{SO}_2$  szennyező Kína kibocsátása látványosan csökkent, sajnos Indiáé viszont nagymértékben megnőtt, főként az ország keleti régióiban.<sup>92</sup>



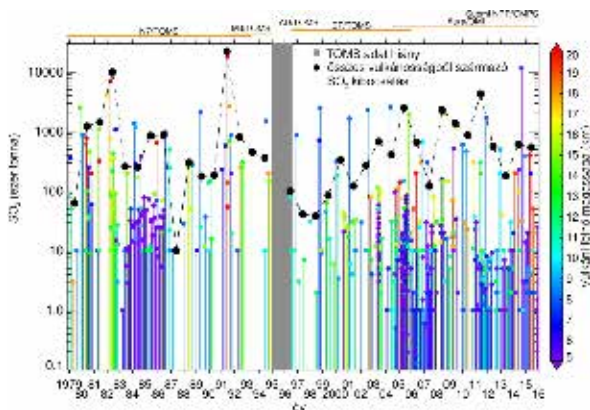
5.38. ábra. A  $\text{SO}_2$  kibocsátás földrészenként 1920–2010 (millió tonna  $\text{SO}_2$ )  
(az adatok forrása: Our World in Data)

<sup>92</sup> Az ezt szemléltető ábrák a <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/chinas-sulfur-dioxide-emissions-drop-indias-grow-over-last-decade> c. tudósításban láthatók.



5.39. ábra. Néhány jelentős ország jellegzetes  $\text{SO}_2$  kibocsátási trendje (1950–2016)<sup>93</sup>

Ha az antropogén kibocsátásokat a vulkánossághoz kapcsolódó  $\text{SO}_2$  kibocsátással (5.40. ábra) összevetjük, akkor megállapíthatjuk, hogy a vulkánokból származó kibocsátás nem jelentős (1–2 millió t évente). Egy-egy nagy (több évtizedenként előforduló) vulkánkitörés ugyan átmenetileg számottevően befolyásolhatja a légkör kéntartalmát, de összességében az emberi hatások szerepe dominál. (Korábban említettük a Pinatubo vulkán szerepét: 1991-es kitörése során 15–20 millió t  $\text{SO}_2$  kerülhetett a légkörbe, ami az akkori éves antropogén kibocsátás egy hetedének felelt meg.)



5.40. ábra. A vulkánosságból származó  $\text{SO}_2$  kibocsátás hozzávetőleges mértéke 1979–2016 (Carn 2015<sup>94</sup>)

<sup>93</sup> Az egyes ábrák elérhetősége: <https://chemistry.beloit.edu/Rain/pages/links.html>

<sup>94</sup> Az ábra forrása: [https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/MSVOLSO2L4\\_V2/summary](https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/MSVOLSO2L4_V2/summary)

## 5.5. Légszennyezettség

A globális környezeti problémák között egyre nagyobb figyelem irányul a légszennyezettségre. A WHO adatai szerint Földünk lakosságának 92%-a él nem egészséges levegőjű területeken, és évente 3 millióra becsülik a kültéri és 4,3 millióra a beltéri légszennyezések okozta halálozást. Ezeket a számokat az ember önpusztító tevékenységének részeként a dohányzás okozta közvetlen és közvetett halálozások (6,3 és 0,9 millió fő) lényegében megduplázzák. Egy 2020. márciusban megjelent tanulmány<sup>95</sup> szerint a légszennyeződések globális átlagban 3 évet vesznek el az életünkben, de Kínában 4-et, a Szahel-öv országainak többségénél pedig inkább ötöt. A dohányzás főként a Kelet-európai országokban, Oroszországban és Kínában ront az emberek egészségi állapotán, akár 4-6 évvel is megrovidítve az életet (hazánk esetében is legalább 5 évet jeleznek a dohányosoknál). Egy 2020. szeptemberi összegzés szerint<sup>96</sup> még a környezeti problémákra jobban figyelő Európában is kb. 400 ezer ember halála köthető közvetlenül a légszennyezésekhez.

A légszennyező anyagok természetes módon vagy emberi hatásokra kerülnek a levegőbe. Mivel szervezetünk többnyire a közvetlenül a környezetében rendelkezésre álló levegőt lélegzi be, állandóan fontos annak megfelelő minősége.

### 5.5.1. Természetes eredetű légszennyezések

Talán a legismertebb légszennyezés a por, ami főként száraz sivatagi, félsivatagi területen fordul elő természetes okokból, de Földünk számos táján a defláció a talajpusztulások egyik fontos oka.

Földünk légkörének egyik természetes alkotója a CO<sub>2</sub>, ami jelenlegi átlagos koncentrációjával (0,04%) nem okoz egészségi problémát, zárt térben felhalmozódva már duplájára emelkedve is fáradtságot és teljesítménycsökkenést okozhat, 5% feletti koncentrációban pedig akár halál is lehet. Magas CO<sub>2</sub> koncentráció természetes körülmények között leginkább vulkáni tevékenységekhez kapcsolódva alakul ki. Az egyik legtöbb halálos áldozatot eredményező katasztrófa a Lake Nyos (Kamerun) mellett 1986-ban 1746 ember halálát okozta.<sup>97</sup> De a 2020-ban tapasztalt rendkívüli meleg és szárazság nyomán kialakult erdőtűz 244 Mt CO<sub>2</sub>-t juttattak a légkörbe<sup>98</sup>.

<sup>95</sup> <https://academic.oup.com/circovascs/advance-article/doi/10.1093/cvr/cvaa025/5770885>

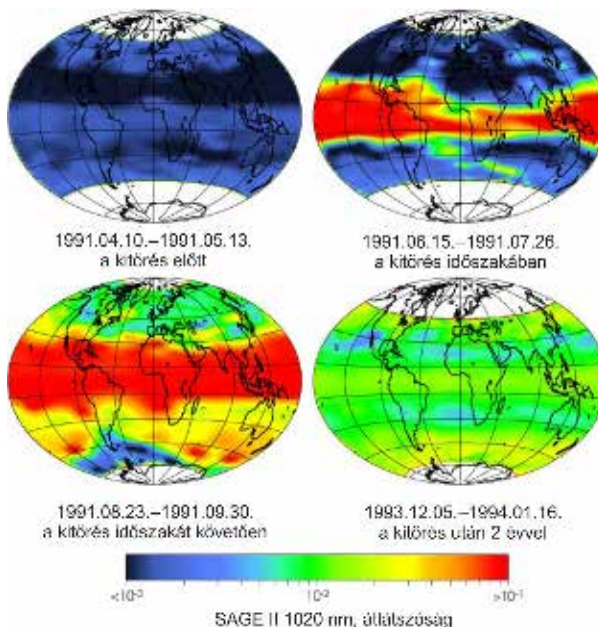
<sup>96</sup> <https://www.eea.europa.eu/publications/healthy-environment-healthy-lives>

<sup>97</sup> A katasztrófa háttéréről több cikk és video is található a világhálón.

<sup>98</sup> <https://edition.cnn.com/2020/09/03/world/arctic-wildfires-climate-intl/index.html>

A természetes szennyezők közül a vulkáni tevékenységből is jelentős mennyiségű kén kerül többé-kevésbé folyamatosan a légkörbe, s ehhez nincs szükség még látványos robbanásos vulkánosságra sem. Ha valaki járt már aktív vulkáni területeken, tapasztalhatta, hogy akár sok évvel a vulkáni tevékenység látványos szakasza után sem ritkák a jelentős kénés kigőzölgések. A kéndioxid legnagyobb mennyiségben egy-egy vulkánkitörés következtében kerül a légkörbe. Hatása a légköri aeroszolokon keresztül a globális energiamérlegre és a sztratoszférikus ózon mennyiségére is jelentős lehet (5.41. ábra), ahogy ezekre már korábban is utaltunk.

Kevésbé ismert, hogy egyes természetes kőzetek radioaktív tartalma is okozhat veszélyes légszennyezést. A zárt térben felhalmozódó radon – az USA-ban végzett kutatások szerint – a tüdőrákos halálozások második legfontosabb oka, a dohányzás után. (Kb. minden 8. tüdőrákos, azaz évente 21 ezer fő, ilyen ok miatt veszítette életét.)



5.41. ábra. A Pinatubo vulkán 1991-es kitörésének globális hatása a légköri kénsavas aeroszolok mennyiségére (Forrás: NASA<sup>99</sup>)

<sup>99</sup> <https://earthobservatory.nasa.gov/images/1510/global-effects-of-mount-pinatubo> Az ábrán a pirosabb szín a nagyobb koncentrációra utal az optikai láthatóság (optical depth) alapján.

### 5.5.2. Az antropogén eredetű légszennyezések néhány egészségügyi következménye

A felszín közeli ózon erősen mérgező agresszív gáz, a városi szmog egyik típusának, a fotokémiai (vagy Los Angeles-típusú) szmog fő alkotója. Száraz levegő és erős nap-sugárzás hatására a városi levegőben levő, főként gépkocsikból származó nitrogén-oxidok, szén-monoxid (CO) és különböző szénhidrogének bomlásával előbb ózon, majd reaktív szerves gyökök, végül peroxi-acetil-nitrátok (PAN) keletkezhetnek. A fotokémiai szmog erősen izgatja a nyálkahártyát, az ózon pedig károsítja a növények leveleit is.

Az oldószerként használt illékony szerves vegyületek (VOC) normál körülmények között könnyen gázokká válnak. Éppen ezért használják azokat számos ipari és háztartási vegyszerben, festékekben, viaszokban és lakkokban. Szerepet játszanak a felszín közeli ózon, és a városi szmog kialakulásában is.

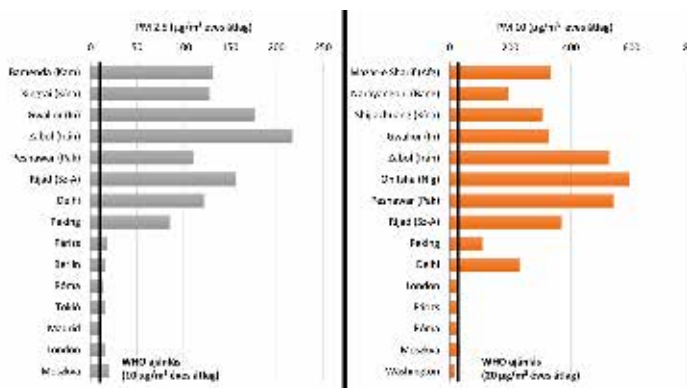
Bár a CFC-k termelését és hasznosítását világszerte már 20-30 éve eredményesen visszaszorították, az öreg, elhasználódó hűtőgépek, légkondicionálók még hosszú időn keresztül jelentős forrásai lesznek ezeknek a káros anyagoknak. (Kína és India megkésett iparosítása és – a korábban említett – időben későbbre nyúló termelése és használata miatt főként ezekben az országokban okozhat problémát hosszabb távon.)

Egészségügyi problémákat jelentenek még az ólom és egyes nehéz fémek, amelyek főként a közlekedés hatására kerülnek a levegőbe. Az ólommentes benzín elterjedése az 1980-as évektől sokat javított a levegő minőségén.

A légszennyezések külön csoportját jelenti a  $10\text{ }\mu\text{m}$ -nál kisebb ( $\text{PM}_{10}$ ) szennyeződések. Ezeknek zöme szilárd, és méretüknél fogva bejuthatnak a légutakba. Hosszabb időn át ezt a mérettartományt egységesen vizsgálták, később azonban kiderült, hogy a 2,5 mikrométernél kisebb átmérőjű, „finom” porszemcsék ( $\text{PM}_{2,5}$ ) fokozott veszélyt jelentenek, mert belélegezve a tüdő mélyébe jutnak, innen pedig felszívódnak, és keringésbe kerülnek. A  $\text{PM}_{2,5}$  részecskék jellemzően másodlagosan keletkezett aeroszollokból, égési termékekből és kondenzálódott szerves vagy fém részecskékből állnak, és a szálló por mutagén hatásáért, valamint savasságáért felelősek. Nagyvárosi környezetben ezek mennyisége erősen megnő, aminek komoly egészségügyi következményei vannak: tüdő, szív és érrendszeri betegségeket okoznak, ami az átlagos élettartam csökkenésével jár.

A nagyvárosok légszennyezettségét leginkább a nem kellően szigorú környezetvédelmi normák, vagy azok teljes hiányával működő ipar és motorizáció okozza. Számomra is megdöbbentő volt az a fotó, amit a bevezetőben is említett kiadvány mutat arról, hogyan lehetett kék eget látni Pekingben szmog idején (óriási LCD képernyőn). 2006 nyarán én is lehangelőan tapasztaltam, hogy reggelente a 7. emeleti szobából kitekintve nem tudtam megállapítani milyen az idő: felhős, vagy csak szmog van. Kínában az utóbbi években sokat javult a helyzet, és a kínai fővárosnál sokkal rosszabb helyzetben vannak Ázsia és Afrika nagyvárosai (5.42. ábra). Ezekben az országokban még

sokszor a jobb környezetet akaró központi kormányzat is erőtlen a minél gyorsabb gazdasági fejlődést szorgalmazó helyi önkormányzatok, az ipari lobbis és a fogyasztói társadalom egyik szimbólumát jelentő motorizáció ellenében.



5.42. ábra Földünk legszennyezettebb levegőjű nagyvárosai és néhány főváros átlagos évi légszennyezettsége a 2010-es évek elején (a WMO adatai alapján)

Áttekintve a nagyvárosok részletesebb légszennyezettségi adatait<sup>100</sup> megállapítható, hogy a legszennyezettebb levegőjű városok kivétel nélkül Ázsiában és Afrikában vannak<sup>101</sup>. A PM<sub>10</sub> kategóriában a 200 µg/m<sup>3</sup>-t meghaladó 31 város közül 27 Ázsiában (ebből 11 Indiában) és 4 Afrikában (valamennyi Nigériában) volt. Ha a légszennyezettségi adatokkal rendelkező városokat nézzük, akkor elszomorító, hogy azok többségében 100 µg/m<sup>3</sup>-nél szennyezettebb a levegő: Indiában 122-ből 54, Kínában 210-ből 49, de Pakisztánban (5/5), Bangladesben (8/7), Szaúd-Arábia (7/7), Kuvait (11/10), Irán (25/12) is kedvezőtlen. A PM<sub>2.5</sub> kategória esetében a 100 µg/m<sup>3</sup>-t meghaladó 34 városból 32 volt Ázsiában (18 Indiában, 6 Kínában) és 2 Afrikában.

A Földünk légszennyezettségéről – a modern technológia és a globalizáció lehetőségeit kihasználva – napjainkban már igen részletes és napra kész adatokkal rendelkezünk. 2015 óta működik az Air Visual app és weboldal<sup>102</sup>, ami több, mint 3000

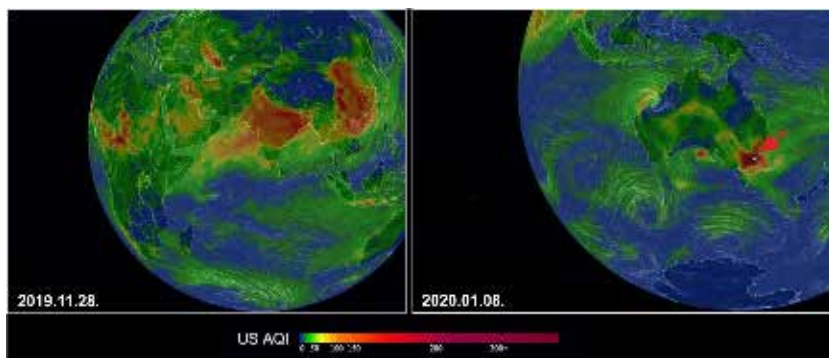
<sup>100</sup> A [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/cities/en/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/) címen a könyvünk írásakor a világ 2971 városára találtunk jellemzően 2013-2014 időszakra vonatkozó adatokat az Ambient (outdoor) air pollution database menüpontonál.

<sup>101</sup> Áttekintő térképi adatokat a [http://www.who.int/gho/phe/outdoor\\_air\\_pollution/exposure/en/](http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/exposure/en/) címen találhatunk.

<sup>102</sup> <https://www.airvisual.com/>. A világtérkép egy tetszőleges pontjára kattintva hozzávetőleges szennyezettségi adatokat kaphatunk, de lehetőség van egy-egy mérőhelyre vonatkozóan a következő napok várható szennyezettségéről is tájékozódni.

város nyilvános adatait összegzi folyamatosan, és ad valós idejű tájékoztatást a légszennyezettségről ( $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , a legszennyezettebb országok, fővárosok és városok sorrendjéről, a légszennyezettséget befolyásoló tüzekről, meghatározó szélirányokról, stb.) interaktív formában. Az alkalmazást használva jól érzékelhető volt az India nagy részét elborító szmog (a tarló égetések és a városi szennyezettség együttes hatására) 2019. november végén (5.43a ábra), vagy az Ausztrália délkeleti részén tomboló bozót-tüzek 2020. januárjában (5.43b ábra).

Európában lényegesen jobb a helyzet, azonban itt is még bőven vannak tennivalók. Az említett interaktív térképen jól látható, hogy Európa nagyvárosainak többségében 2018-ban a szállópor mennyisége meghaladja a javasolt egészségügyi határértéket és a legszennyezettebb városok „élmezőnyében” rendszeresen feltűnnek Európa városai. Ha nem az egész évi adatokat, hanem a legszennyezettebb időszakok helyzetét elemezzük főként Lengyelország, Észak-Olaszország, a balkáni országok és Törökország helyzete értékelhető különösen kedvezőtlennek (5.44. ábra). Magyar vonatkozás, hogy ha a világ fővárosainak légszennyezettségi sorrendjét nézzük 2018-ban, Budapest a 37. helyen állt (a 62 értékelt város közül)  $16,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es  $PM_{2.5}$ -ös értékével.<sup>103</sup>

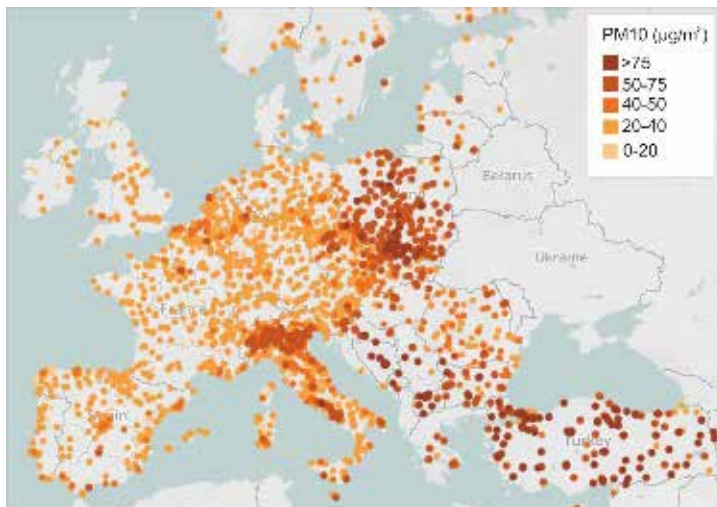


5.43. ábra. A légkör  $PM_{2.5}$  szennyezettsége a felszíni mérőhálózat adatai alapján 2019. november 28-án és 2020. január 8-án<sup>104</sup> (az Air Visual alapján)

<sup>103</sup> A teljes lista elérhető az Air Visual World-air-quality-report-2018-en kötetében. Letölthető a <https://www.airvisual.com/world-most-polluted-countries> oldalról.

<sup>104</sup> A megjelölt Canberrához közeli helyen a szennyezettség mértéke  $317 \mu\text{g}/\text{m}^3$  volt, ami akkor jelentősen meghaladta a legszennyezettebb városok értékét.





5.44. ábra. Európa légszennyezettsége 2018-ben (Forrás: EEA<sup>105</sup>)

### 5.5.3. Beltéri légszennyezés

Hosszú időn keresztül a beltéri légszennyezés átfogó vizsgálatára nem került sor, mert az esetlegesen meglévő adatokat nehéz volt térben kiterjeszteni. Ugyanakkor tudjuk, hogy egyes régiókban a zárt térben végzett hagyományos tüzelési technikák nagyon sok káros anyagot juttatnak a légterbe – általában minimális szellőztetés mellett. Sokszor – főként, ha valaki egy rossz levegőjű városban él – azt gondolja, hogy lakáson kívül a levegő szennyezettebb. Ez megtévesztő lehet, mert az folyamatosan mozog, keveredik és időnként hígul a szennyezése, a beltérben viszont a szennyező anyagok (szellőztetés nélkül) feldúsulnak, az ott élő ember pedig akár hozzá is szokhat. Bár a beltérben használt szilárd tüzelőanyagok részesedése folyamatosan csökken, a szegényebb afrikai és ázsiai országokban még mindig jelentős (akár 40-70%).<sup>106</sup> A használt legjellemzőbb tüzelőanyagok: a fa, a faszén és a szén (főként Kínában), de elterjedt a szárított tehéntrágya égetése is, főként Dél-Ázsiában (Indiában 10% körüli a részesedése).

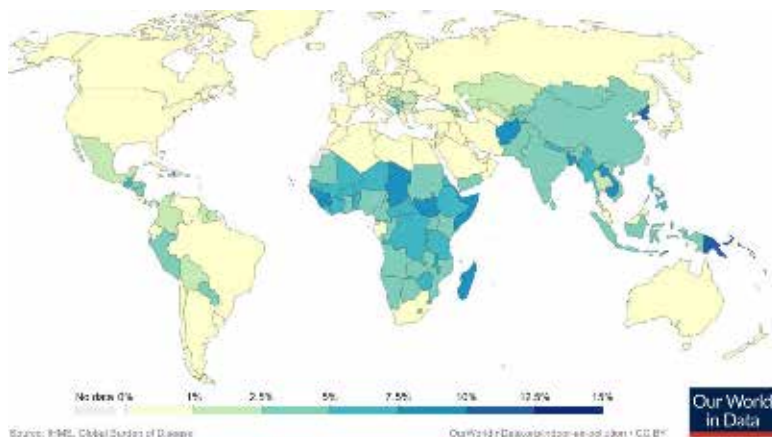
A beltéri légszennyeződések káros hatása jól megmutatkozik a halálozásban (5.45. ábra). Itt számos további szennyező okozhat problémát: a legkülönbözőbb vegyszerek,

<sup>105</sup> <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/air-quality-statistics>

<sup>106</sup> A változásokat is bemutató interaktív térképeket a <https://ourworldindata.org/indoor-air-pollution> címen találhatunk.



a fűtésből származó szénmonoxid, légkondicionálókban megtelepedő baktériumok, a passzív dohányzás, stb. Mindezek miatt jelentős beltéri halálozással számolnak (2017-ben 2,6 millió fő, ebből 1,9 millió Ázsiában és 550 ezer a szubszaharai területeken).



5.45. ábra. A beltéri légszennyezéshez köthető halálozás aránya 2017-ben  
(Forrás: Our World in Data)

## 6. Globális vízproblémák

Jelenlegi tudományos ismereteink szerint a víz elengedhetetlen feltétele az életnek: meghatározó szerepet játszott az élővilág kialakulásában, és az egyes élőlények anyagcsere-folyamatainak döntő tényezője. Nem véletlen tehát az, hogy amikor a Földön kívüli élet potenciális előfordulási helyei után kutatnak, az leginkább a légkör és a víz előfordulásának tisztázásával kezdődik. A víz azonban nemcsak az élővilág életjelenségeiben fontos, de az élettelen természet folyamataiban is kiemelt jelentősége van. Befolyásolja az ásvány- és kőzetképződést, meghatározó szerepe van a felszínen zajló anyagforgalomban, az éghajlat alakításában, és a gazdasági tevékenységekben is nélkülözhetetlen. Látszólag bőségesen áll rendelkezésünkre (hiszen a Föld felszínének mintegy 70,9%-át víz borítja), mégis az édesvíz-készletek egyenlőtlen eloszlása, a különböző készletek elszennyeződési problémái, és egyéb, későbbiekben ismertetett környezeti problémák miatt, földi környezetünk egyik leginkább veszélyeztetett szférája.

Földünk teljes vízkészlete mintegy 1,4 milliárd km<sup>3</sup>, melynek döntő hányada (97,5%-a) az óceánok és tengerek sós vize. A 2,5% édesvíz-készletből a jégben fel-

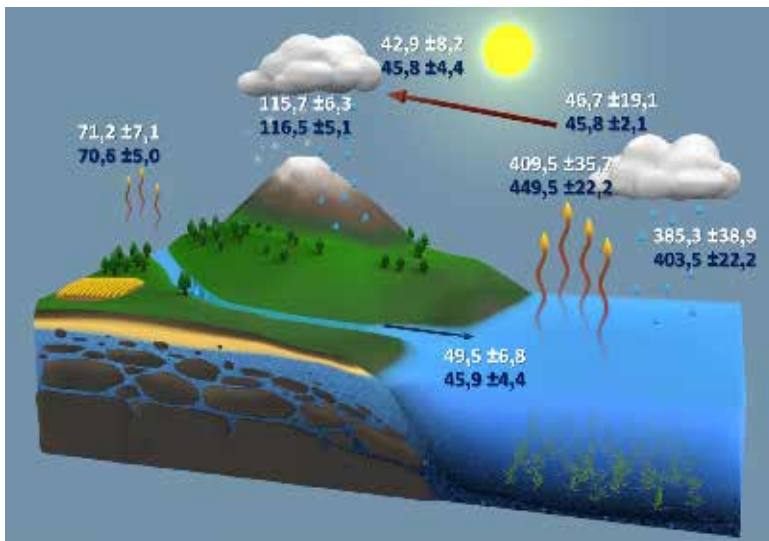
halmozott készletek (sarki jégsapkák, gleccserek, állandó hótakaró) a legnagyobbak (68,7%); a felszín alatti vizek részesedése 30,1%, az állandóan fagyott területek közeiben felhalmozott víz 0,8%, és mindössze 0,4% az atmoszférikus és felszíni vízkészlet (ez utóbbiba beleértve az élő szervezetekben található vizet is). A vízkörforgalomban évente alig több, mint félmillió  $\text{km}^3$  vesz részt, azonban ennek már kisebb területi és időbeli változása is jelentős hatással lehet az emberiség életére. Egy megkésett monszun, vagy egy rendkívüli esőzés miatt kialakuló áradás akár százazrek életét is veszélyeztetheti (éhség, árvizek).

Az ember a szárazföldeken hosszú időn keresztül – a Földünk nagy részén – természetesnek vette a víz jelenlétét, és csak az utóbbi néhány évtizedben jött rá, hogy ez egy korlátozottan rendelkezésre álló erőforrás. Az óceánokra és tengerekre is korlátlan élelemforrásként tekintettünk, pedig már az 1990-as években kiderült, hogy érdemben nem növelhető a tengeri halászat. Nem foglalkoztunk sokáig a vizeink védelmével sem, ami miatt felszíni vizek jelentős része közvetlen fogyasztásra csak komoly egészségi kockázattal fogyasztható, a világtenger pedig szennyezéseink fő befogadjójává lett. Az eredmény: az emberiség gyorsan növekvő létszámával és felelőtlen környezethasználatával saját maga állított korlátot az élet egyik legfontosabb feltételének használatában. Az édesvíz mára már stratégiai jelentőségű „nyersanyag” lett. Éppen ezért kell fokozott figyelmet fordítani a víz körforgásában részt vevő, többnyire tiszta víz mennyiségére<sup>107</sup>.

A vízciklusban évente elpárolgó, majd csapadék formájában lehulló víz mennyiségére az elmúlt évtizedekben számos számítás történt, és hozzávetőlegesen 510-550 ezer  $\text{km}^3$ -re becsülik. Ez számít megújuló vízkészletnek, ennek azonban közel 4/5-e nem a szárazföldekre jut, így gyakorlatilag számunkra nem hasznosul, ráadásul a csapadék jelentős része a szárazföldeken is elpárolog, tovább csökkentve a hasznosítható készleteket. Az egyik legfrissebb – a felszíni adatok mellett távérzékeléses adatok és több modell felhasználásával készült – értékelés 520 ezer  $\text{km}^3$  párolgást (449,5 ezer a világtengerből, 70,6 ezer a szárazföldekről) kapott eredményül (6.1. ábra). Számítások szerint ebből 403,5 ezer  $\text{km}^3$  csapadékként visszahullik az óceánokba (ez az érték kb. 5%-kal nagyobb, mint amivel korábban számoltak). A szárazföldekről elpárolgó vízmennyiség<sup>108</sup> nagyságrendje megegyezik a különböző régebbi számítások értékével, az ott lehulló csapadék mennyiségére viszont kissé nagyobb értéket kaptak (116 ezer  $\text{km}^3$ -t, szemben a korábbi számítások 110 ezer körüli értékével). Az éves vízkörforgalomból így kb. 46-50 ezer  $\text{km}^3$  jut vissza a szárazföldekről a világtengerbe, azaz ennyi az *emberiség számára számba vehető megújuló vízkészlet*.

<sup>107</sup> Sajnos a legutóbbi időben, már a csapadékban is mutattak ki mikroműanyagokat. Lásd: <https://pubs.usgs.gov/of/2019/1048/ofr20191048.pdf>

<sup>108</sup> A közel 71 ezer  $\text{km}^3$  szárazföldekről elpárolgó vízből kb. 21 ezer a növényzet párolgotatása és 50 ezer a felszín párolgása.



6.1. ábra. A globális vízkörforgalom a 21. évszázad első évtizedében (ezer km³)  
(Forrás: Rodell et al 2015<sup>109</sup>)

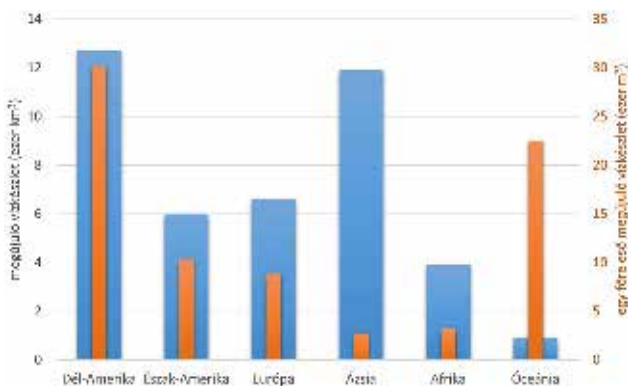
Az előbbiekhöz több kiegészítést teszünk. A tengerekbe visszajutó víz nagyobb része a folyókon keresztül jut oda, egy részük azonban a talajba beszivárogva, és a felszín alatt szivárogva (felszín alatti lefolyásként), hosszabb idő után kerül oda. Az emberiség a felszín alatti készleteket is használja. Ha azonban az ilyen vízhasználat nagyobb, mint a felszín alatti lefolyás, akkor már a régebbi időszakokban a kőzetekbe került ún. fosszilis vízkészletet használjuk. Fontos azonban az is, hogy a klímaváltozás következtében napjainkban évente kb. 500-600 km³-rel több jég és hó olvad el, mint amennyi felhalmozódik. Sajnos ez többnyire olyan helyeken történik, ami az emberiség számára nem hasznosítható, mivel közvetlenül a tengerbe kerül (Antarktisz, Grönland).

<sup>109</sup> Az ábra elérhető: <https://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/JCLI-D-14-00555.1> A fehér számok a mért és az integrált modell eredményei. A kék számok olyan becslések, amelyben figyelembe vették a víz- és az energiamérlegben levő bizonytalanságokat.

## 6.1. Az édesvíz problémák

### 6.1.1. Készletek és felhasználás

Az emberiség rendelkezésére álló megújuló vízkészletek nagyon egyenlőtlenül oszlanak el a Földünkön. A szárazföldre (az Antarktiszt nem számolva) a FAO 2015. évi összegzése szerint 42,8 ezer km<sup>3</sup> csapadék hullik, amiből 45,6% az amerikai kontinensre, ennek is közel 2/3-a Dél-Amerikára (6.2. ábra). Legnagyobb szélsőség Afrikában tapasztalható, ahol Észak-Afrikára a kontinensen lehulló csapadéknak csupán 1,2% jut. Ázsiában Közép-Ázsia és Közép-Kelet részesedése nagyon alacsony (2% és 4,1%).



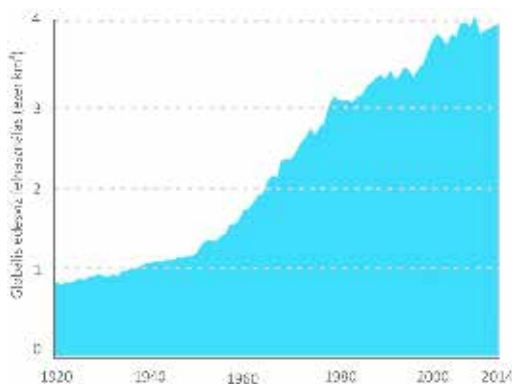
6.2. ábra. Az évente megújuló vízkészletek kontinensenként és az egy főre jutó vízkészletek 2018-ban (Forrás: a FAO AQUASTAT és a Worldometers adatai alapján)

A növekvő népesség, annak élelemmel való ellátása és az urbanizáció a vízfelhasználás rohamos növekedését okozta (6.3. ábra). Különösen gyors volt a növekedés az 1960-as és 1970-es évtizedben, és mára már meghaladta az évi 4000 km<sup>3</sup>-t. Ez a természeti adottság<sup>110</sup> és nagy népességbeli különbség azt eredményezi, hogy amíg Dél-Amerikában és Óceániában az egy főre jutó megújuló vízkészlet mintegy 23-30 ezer m<sup>3</sup>, addig Ázsia nagy területein 1100-2400 m<sup>3</sup>, de Észak-Afrikában csak 250 m<sup>3</sup> körül alakul, a világtátlag pedig az 1960-as évek eleji 14 ezer m<sup>3</sup>-ről 2020-ra 5,5 ezer m<sup>3</sup> alá csökkent. A kevés vízkészlet és a növekvő népesség számos országot vízhiá-

<sup>110</sup> A vízkészletek mennyiségi értékeit a klímaváltozás a jövőben módosíthatja.

nyos vagy víz stressz<sup>111</sup> sújtotta helyzetbe jutatott. 2015-ben az emberiség mintegy 2/3-a víz stressz sújtotta, ebből pedig 1,8 milliárd a vízhiányos területen él (6.4. ábra). Ezek a háttérfeltételek alapjaiban meghatározzák az adott területen élő népesség mindennapjait.

A vízzel kapcsolatos problémák az 1960-as évektől egyre súlyosabban jelentkeztek. Globális problémaként való jelentkezését mutatja, hogy az 1980-as éveket az ENSZ „az ivóvíz és a csatornázás évtizedének” nyilvánította. Később önálló ENSZ konferencia (Dublin, 1992) foglalkozott vele, de ennek ellenére egyre inkább nyilvánvaló lett, hogy az élelmezés mellett a víz a jövőben az emberiség ellátásának másik „szűk keresztmetszete”, mára pedig fontosságában már meg is előzte azt.



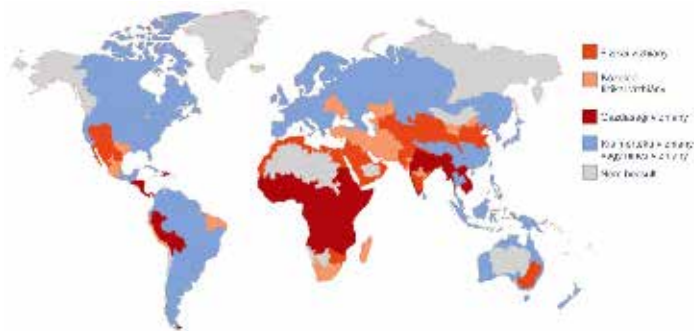
6.3. ábra. Az édesvíz-felhasználás alakulása a Földön 1920–2014 (ezer km³)  
(az IGBP adatai alapján)

A vízproblémának mind a két oldala, a mennyiségi és a minőségi is egyre feszítőbb. A vízfelhasználás mindenütt nő a világon. Az emberiség a harmadik évezred elején a rendelkezésre álló édesvíznek már mintegy 54%-át használta, ami 2025-re várhatóan 70%-ra nő. A korábban bemutatott mennyiségi problémákat vízminőségi gondok súlyosbítják, s a két problémában érintett népesség kb. azonos száma azt is jelzi, hogy azok általában együtt jelentkeznek (ezt támasztják alá a térképi információk<sup>112</sup> is). Egy 2015-ös WHO jelentés szerint mintegy 2,4 milliárd fő egészsége veszélyeztetett

<sup>111</sup> Vízhiányosnak tekintünk egy országot, ha az egy főre jutó évi megújuló vízkészlete kevesebb, mint 500 m³, víz stressz által sújtottnak, ha ez az érték 1000-nél kevesebb. A rendelkezésre álló víz mennyiségét tovább csökkentheti annak minősége is, ha a hasznosítást akadályozza.

<sup>112</sup> A <https://ourworldindata.org/water-access-resources-sanitation> címen a számos részletes információ között több interaktív térképet is találhatunk a témában.

a rossz minőségű vizek miatt (665 millió egészséges ivóvíz hiánya<sup>113</sup>, 1,8 milliárd pedig megfelelő minőségű víz hiánya miatt). Az utóbbi évtizedekben csökkent ugyan a számuk, de még 2016-ban is 1,7 millió ember (ebből kb. 446 ezer öt év alatti gyermek) halt meg hasmenésben a vízhez kapcsolódó fertőzések miatt (ez utóbbi sokszorosa a háborúkban elesettek számának). Olyan népes országokban, mint Kína, India vagy Indonézia, kétszer annyian halnak meg vérhasban, mint AIDS-ben.



6.4. ábra. A fizikai és a gazdasági vízhiány a Földön  
(Forrás: Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture<sup>114</sup>)

Az egészséges ivóvízhez jutás problémáját látva a Johannesburgi Konferencián (2002) egyik fő célként tűzték ki annak megoldását, majd az ENSZ 2003-at a „tisztá víz évének” nyilvánította. Később pedig a világszervezett átfogó céljai (Sustainable Development Goals 2015) között is előkelő helyen szerepelt.

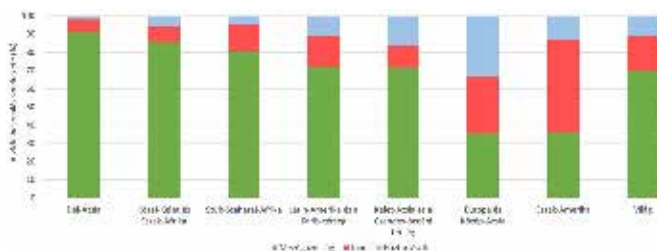
Az emberiség vízfelhasználása a népességnövekedés ütemét meghaladóan növekszik. 1950 és 2014 között a népesség 2,87 szorosára, a vízfelhasználás 3,25 szorosára nőtt, de az egész 20. század során a mezőgazdasági vízfogyasztás ötszörösére, a városi 19-szeresére, az ipari 25-szörösére nőtt. Óriási különbségek vannak térségenként nemcsak a készletekben, hanem a felhasználás arányaiban. A három legnagyobb vízfelhasználó ország (2014-ben India 761 km<sup>3</sup>, Kína 608 km<sup>3</sup>, az USA 486 km<sup>3</sup>) a világ fogyasztásából mintegy 48%-kal részesedik.

<sup>113</sup> Kedvező változás, hogy számuk negyed évszázad alatt megfeleződött (1990-ben 1,26 milliárd fő volt). Kedvezőtlen viszont, hogy a jelenleg vízhiánnyal küzdő népesség fele (326 ezer fő) a szubszaharai térségben van.

<sup>114</sup> Az ábrán a *fizikai vízhiány* az a terület, ahol az ipar és a mezőgazdaság már több, mint 75%-át felhasználja a folyók vízének, a *közvetett fizikai vízhiány*, ahol a vízfelhasználás meghaladja a 60%-ot, a *gazdasági vízhiány*, ahol társadalmi vagy pénzügyi tényezők akadályozzák a felhasználást, *alacsony vagy nincs vízhiány*, ahol a vízfolyások kevesebb, mint 25%-át hasznosítják.

A gazdasági ágazatokat tekintve a *legnagyobb vízfelhasználó a mezőgazdaság*, amit az ipar és a kommunális (beleértve az ivásra használt mennyiséget is) felhasználás követ. Az 1950-es években reális problémát jelentő éhezés gondját csak a műtrágyázás és vegyszerhasználat nagyfokú növelésével, illetve a biztonságos termelést jelentő öntözéssel lehetett megoldani. Ennek következménye, hogy napjainkban a vízfelhasználásban a mezőgazdaság részesedése világátlagban 70%, és csak Európában illetve Észak-Amerikában van 50% alatt, de Dél-Ázsiában a 90%-ot is meghaladja (6.5. ábra), sőt Afganisztánban több, mint 98%. A mezőgazdasági vízhasználatban 4 ország emelkedik ki (India, Kína, az USA és Pakisztán). Az agrárium vízhasználatának ilyen mértékű növekedése számos káros környezeti hatást okozott, és mára az emberiség a hosszú távon fenntartható vízhasználat határait feszegeti, főként az ágazat vízigénye miatt. Ezt jelzi, hogy 2001 óta a globális vízfelhasználás érdemben nem bővült.

Ahogy már az előzőekben utaltunk rá, a vízkivételek miatt számos folyó vízhozama erősen csökkent (környezete vízhiányossá vált), a kisebb vízszállítású folyókba jutó szennyezések így sokkal szennyezettebbé teszik azokat. A szennyezett víz növekvő egészségügyi kockázatot és költségeket okoz. Az ilyen jellegű változások a klímaváltozás hatásai nélkül is komoly korlátozó tényezők a vízhasználatban.



6.5. ábra. A vízfelhasználás szerkezete a Földön kontinensenként 2014-ben  
(Forrás: a FAO AQUASTAT adatai alapján)

A vízfelhasználás a jövőben is feltartozhatatlanul növekszik. A rendelkezésre álló vízkészletek szűk keresztmetszetét számos helyen a felszín alatti vizek kitermelésével pótolják. 2010-ben mintegy 220 km<sup>3</sup>-nyi felszín alatti vizet termeltek ki a világon. A legnagyobb felszín alatti készleteket felhasználó térségek az USA, Kína, India, Észak-Afrika és az Arab-félsziget. Becslések szerint a mezőgazdaság évente legalább 125-150 km<sup>3</sup> nem megújuló (vagy igen lassan pótlódó) felszín alatti vizet is felhasznál, ezzel további környezeti problémákat előidézve. Egy 2015-ben megjelent

OECD tanulmány<sup>115</sup> szerint öntözési célból a legnagyobb felszín alatti víz használó az USA (68 km<sup>3</sup>).

A legirracionalisabb vízhasználatot Szaúd-Arábiában valósították meg. Az ország vízhasználatának 3/4-e fosszilis víz, melynek – állami támogatással megvalósított – kiaknázásával sivatagi, felsivatagi környezetben<sup>116</sup> olyan volumenű gabonatermelésbe fogtak (a termőterület nagyságát 20 szorosára növelték), hogy 1984-re az ország ön-ellátó lett, később pedig jelentős *gabonaexportőr* (!). Az 1990-es évek végére azonban már nyilvánvalóvá vált, hogy ez a módszer nem tartható fenn tartósan a készletek belátható időn belüli kimerülése nélkül, amely az állami támogatás, és ezzel együtt termelés csökkenéséhez vezetett. A felszín alatti vízkészletek kiváltására, az időszakos vizek visszatartására gátakat építettek, a tisztított kommunális vizet mezőgazdaságilag hasznosították, a vízhasználatokhoz tengervíz sóalanítókat építettek. Belátva a sivatagi területeken folytatott nagy volumenű mezőgazdaság fenntarthatatlanságát, az ország a világ *legnagyobb termőföld vásárlója* lett.

Földünk más tájain szintén gondokat okoz a felszín alatti vizek túlhasználata. Az USA öntözött területeinek ötödén (Dél-Dakota, Nebraska, Kansas, Oklahoma, Texas, Kelet-Colorado) kb. 4 millió hektáron a vízvisszapótlódás kisebb, mint a kitermelés. Izraelben, Jordániában szintén több fosszilis vizet használnak fel, mint ami megújul. Indiában (főként Radzsaszthanban), Thaiföldön, Mexikóban és Észak-Afrikában szintén hasonló problémákkal küzdenek. Leginkább Indiában okoz gondot, hogy az egyre mélyebbre süllyedő talaj- és rétegvizek kitermelésére csak jobb szivattyúkkal van lehetőség, amit a szegényebb gazdálkodók már nem tudnak megfizetni, így még inkább elszegényednek. Ugyancsak indiai probléma, hogy a mélyebbre szálló talajvizek és az öntözési lehetőségek szűkülése miatt vannak olyan helyek, ahol korábban *évi három termés begyűjtésére is mód volt*, ami később kettőre esett vissza. Ennek olyan következménye van, mintha a művelt területek nagysága 2/3-ra csökkenne.<sup>117</sup> Észak-kelet-Kína kiterjedt területein (ahol kb. 100 millió fő él) 2-3 évtized alatt a felszín alatti vizek nyugalmi szintje legalább 30 métert csökkent.

A mezőgazdasági vízhasználat további gondja, hogy a rossz öntözési gyakorlat sokfelé tönkreteszi a talajokat. Érdekes vetülete a mezőgazdaság vízfelhasználásának, hogy termékeinek kereskedelme jelentős vízfelhasználást vált ki az importáló országokban, azaz áttételesen vízimportot is jelent. (Egy kg rizs előállítása 1-3, egy kg búzáé pedig 1 m<sup>3</sup> vizet igényel.) A mezőgazdasági vízfelhasználásnak van még egy – hatását fokozó – jellemzője. A vízfelhasználás ebben az ágazatban elhasználást is

<sup>115</sup> [https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/drying-wells-rising-stakes\\_9789264238701-en#page22](https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/drying-wells-rising-stakes_9789264238701-en#page22)

<sup>116</sup> Lásd később a 11.3. ábrát.

<sup>117</sup> A meleg éghajlati övben az eredményes gazdálkodásnak igazán csak a víz szab határt. Öntözési lehetőség esetén a termelési ciklusok elég szabadon alakíthatók. Jáva szigetén magam is láttam egymás mellett rizsültetést, félíg nőtt terményt és betakarítást is.



jelent, hiszen a víz vagy beépül a termékbe, vagy elpárolog, vagy elszivárog a talajba, így későbbi hasznosítására nincs lehetőség.

Az öntözött területek arányát tekintve Pakisztán, Banglades és Dél-Korea 50% feletti értékkel kiemelkedik, de India és Japán 35% feletti értéke is kimagasló.

A kiéleződő mennyiségi problémák nyomán a termelők rákényszerülnek a víztakarékos öntözésre. Ennek több, költségben és hatékonyságban is különböző módja ismert: barázdás öntözés, víztakarékos szórófejek, illetve a legkorszerűbb csepegtető öntözés. Az előbbieket kevesebb befektetéssel, 1-4 éves megtérüléssel is több tíz %-os vízfelhasználás-csökkenést érhetnek el. A csepegtető öntözés technikáját az 1960-as évektől kezdődően Izrael dolgozta ki. Költségigénye nagyobb, azonban 95% körüli hatékonysága igen komoly érv alkalmazására, főként az értékes növényeknél. Egyes növénykultúráknál körültekintően használva a szennyvízöntözés is alkalmazható víztakarékossági célból, de a tisztított szennyvíz használatára sokféle van példa.

Az *ipar vízfelhasználása* világátlagban az utóbbi évtizedben arányában csökkent, 19% (a fejlett országokban 44%, az alacsony jövedelműekben csupán 3%), de jelentős növekedése várható (az 1995-ös 752 km<sup>3</sup>-ről 2025-re 1170 km<sup>3</sup>). A mezőgazdaság vízfelhasználásával szemben az ipar nagyobb részben csak használja a vizet, azonban komoly környezeti problémát okoz azzal, hogy gyakran jelentősen elszennyezi azt. Az ipari szennyvizek évente mintegy 300-500 millió tonna mérgező nehézfémeket, oldószert, toxikus iszapot szállítanak el és akumulálnak.

Az ipar az a felhasználási terület, ahol különböző kényszerítő tényezők hatására a leglátványosabb víztakarékosságot sikerült elérni. Olyan iparilag fejlett országokban, mint Japán vagy az USA, már csökkenőben van az ipar vízfelhasználása, és jelentősen nőtt az egységnyi vízhasználatra jutó termelési érték. A technológiában rejlő lehetőségeket mutatja például papírgyártásban vagy acélgyártásban több, mint tizedére sikerült az egy kg végtermékre jutó vízfelhasználást csökkenteni. A hatékonyság-növekedésében jelentős szerepe van a használt vizek visszaforgatásának – ami közvetlenül ösztönöz a víztisztítás hatékonyságára is.

A legnagyobb ipari vízhasználó az USA (2015-ben közel 250 km<sup>3</sup>). A második Kína felhasználása alig több mint fele ennek, a további nagy felhasználók fogyasztása pedig csak 10-20 km<sup>3</sup> körül alakul, és lényegesen nem változott az elmúlt 1-2 évtizedben. A nagy gazdasági növekedéssel együtt Kína ipari vízhasználata 1985 és 2005 között megháromszorozódott, azóta viszont kb. azonos szinten maradt.

A *kommunális vízfelhasználás* részesedését a teljes vízfelhasználásból sokan a gazdasági fejlettség egyik fontos mutatójának tartják, pedig ez nagyon félrevezető, hiszen sokkal inkább függ attól, hogy milyen éghajlaton fekszik egy ország. Ott, ahol viszonylag biztonságos a mezőgazdaság ellátása a csapadékból, és nincs szükség öntözésre (pl. az Egyesült Királyságban vagy Svájcban), ott a vízfelhasználás zömén az ipar és a kommunális ágazat osztozik. Ez magyarázza azt, hogy például 2014-ben a gazdaságilag

fejlett és fejletlen országok átlaga (15% és 7%) között sokkal kisebb a különbség, mint a fejlett országok között (pl. Egyesült Királyság 71%, Svájc 60%, Németország 14%). Nagy népességük miatt Kína az első, India pedig a harmadik a fogyasztásban, viszont az egy főre jutó nagy felhasználás miatt, az USA a második a mennyiségi sorrendben. Természetesen az egy főre jutó kommunális vízhasználat már szoros összefüggésben van a fejlettséggel.

A kommunális célú vízfelhasználás látványos változáson ment keresztül az elmúlt másfél évszázad, de különösen az utóbbi ötven év során. Az angol WC a 19. század elején kezdett népszerű lenni, majd a járványos betegségek századközépi leküzdése után egyre gyorsulón elterjedt. Ez, valamint a tisztálkodási kultúra megváltozása egyre több vizet igényelt, de egyre több környezetszennyezési problémát is okozott. A városokban kiépülő nagy csatornahálózatok koncentráltan szállították a folyókba a szennyvizet, ahol pedig csak a kisebb költséggel megoldható vízellátásra jutott pénz, a felszín alatti vizek – ma még sokfelé beláthatatlan következményű – szennyezése kezdődött meg. Egy 2017-ben megjelent összegző kötet jól mutatja a problémákat: Ázsia, Afrika és Latin-Amerika területén az emberi fekália miatti coli-baktérium jelenős mértékben elszennyezte a vizeket<sup>118</sup>.

Az urbanizáció gyors növekedése miatt a vízfelhasználás koncentráltabb lett. A kommunális vízhasználat mutatja leginkább az igény és a lehetőségek közötti feszültségeket, illetve a fejlett és fejletlen országok közötti szakadékot. Miközben a fejlett országok egyre szigorúbb szabványokat szabnak a vezetékes vízszolgáltatás számára, és ivásra alkalmas (drágán megtisztított) vizet használnak WC öblítésre, gépkocsi mosásra vagy kert öntözésre, addig a fejlődő világban még az ivásra használatos vizet is megbízható helyről kell vásárolni. Ha van vezetékes hálózat, többfelé az is előfordul, hogy az gyakran csak időszakosan szolgáltat vizet. Szomorú az egészben az, hogy a kedvezőtlen helyzetben élők sokszor már természetesnek veszik a vízhiány miatti kiszolgáltatottságukat.

Egy ember megfelelő minőségű életviteléhez legalább 20-50 liter tiszta vízre van szüksége naponta. A földrajzi adottságok és a gazdasági fejlettség különbségei azonban nagy különbségeket okoznak a Föld lakosságának vízellátottságában: így például ma a fejlett országokban születő gyermeknek 30-50-szer több víz jut, mint a fejlődőekben. A kevés víz a Föld több helyén alapvető higiéniai problémákat okoz. Bár az utóbbi negyedszázadban arányaiban sokat javult a higiéniai helyzet (a megfelelően ellátott népesség száma 1990 és 2015 között 2,8 milliárdról 5 milliárdra nőtt), az ellátatlan népesség száma érdemben alig változott (2,5 milliárd körül alakul)<sup>119</sup>.

<sup>118</sup> Lásd: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf> 12. old. 4. ábrát.

<sup>119</sup> Részletes, aktuális adatokat a <https://ourworldindata.org/water-access-resources-sanitation> helyen találhatunk.

A kommunális vízellátás mennyiségi problémáinak megoldására több lehetőség kínálkozik. Sokfelé a múltban és ma is megpróbálnak az igények növekedésével lépést tartani, azaz egyre több vizet biztosítani. Ez vagy növekvő felszíni vízkivétellel, vagy a felszín alatti készletek fokozódó igénybevételével jár. Ez utóbbi két szempontból is veszélyes. Egyrészt (ahogyan már korábban ismertettük) a felszín alatti vizek kitermelése sokfelé meghaladja az utánpótlódást, azaz *nem fenntartható módon* (a fosszilis vizek elhasználásával) történik, másrészt ez szemünk elől elrejtve zajlik, azaz nem nyilvánvaló mindenki számára, hogy itt a jövő felélése történik. A különböző becslések szerint a Föld népességének fele erősen függ a felszín alatti készletek felhasználásától. Igaz, ebben a mezőgazdaság szerepe nagyobb, a nagyvárosok vízkivételei viszont területileg koncentráltabbak, és látványosan gyors vízszint-csökkenést okozhatnak a felszín alatti készletekben. Például Peking esetében évi 1-2 méter, az indonéziai Bandung esetében pedig évi 3 méteres vízszint-csökkenésről is érkeztek adatok, de szerte a világon régóta ismert a jelenség. A felszín alatti vizek nagymértékű kitermelése áttételesen akár jelentős felszíni süllyedéseket is okozhat.<sup>120</sup> Ennek egy szemléletes példáját láttam Mexikóváros központi bazilikájában, ami nemcsak, hogy süllyedt, de annak mértéke az épületben olyan különböző, hogy egy nagyméretű függő-ónt helyeztek el az egyik kupolában a folyamat dokumentálására. Ennek legnagyobb elmozdulása kb. 1 méter volt (6.6. ábra).



6.6. ábra. A felszínalatti víz nagy kitermelése miatti egyenlőtlen épületsüllyedést mutatja a függő-ónt kitérülése Mexikóváros központi katedrálisában (2001)

<sup>120</sup> Egy 2016-os hír szerint, a nagyfokú vízkitermelés Peking egyes részein 11, Bangkokban 12, Mexikóvárosban és Jakartában évi 28 cm-es süllyedést okoz. <https://www.theguardian.com/world/2016/jun/24/beijing-has-fallen-chinas-capital-sinking-by-11cm-a-year-satellite-study-warns>

A leghatékonyabb vízfelhasználást szabályzó módszer azonban nem a termelés, hanem az igények oldaláról történő beavatkozás, mégpedig az árakon keresztül. Számtalan példa van rá a világban, hogy a vízfogyasztás mérésével, majd a valós árak alkalmazásával igen hatékonyan lehet csökkenteni a vízigényeket. Ezzel a módszerrel több nagyvárosban rövid idő alatt akár a felére lehetett a felhasználást redukálni. Az árak közvetett hatásával sikerül a háztartások hatékonyabb vízfelhasználását is elérni (takarékos zuhany, kisebb vízöblítés a WC-ben, használt vizek visszaforgatása, stb.). A vizek árának növelése kétségtelenül a szegényebb rétegeket sújtja. Azonban a valós árnál olcsóbb díjak a szolgáltatót visszatartják a fejlesztésektől, és az így kevesebb emberhez jut el, pedig a vezetéken szolgáltatott víz lényegesen olcsóbb, mint a vízárusok árai.

Jelentősen rontja a vízkészletek hasznosítását a városi vízellátórendszerek rossz állapota. A fejlődő országok számos világvárosában (pl. Mexikóváros, Jakarta, Kairó, Manila, Lagos) a szolgáltatott víznek mintegy fele egyszerűen eltűnik a hálózatból annak hibái (és talán az árak miatti vezeték-megcsapolások) miatt. Vannak azonban ma még nem általános, de biztató példák is a kommunális vízhasználat egyensúlyának javítására, a legjobb minőségű kiegészítőkkel való takarékoskodásra. Ennek szervezett példáját a vízhiánnyal küzdő Szingapúr adja, ahol már hosszabb ideje a házak tetejéről nem a csatornahálózatba, hanem a felszín közeli rétegekbe vezetnek a csapadékok. A példát követte Tokió és számos város, ahol a több száz nagy építmény tetejéről összegyűjtött vizet öntözésre, mosásra, tűzvédelemre használják.

Összességében azonban megállapítható, hogy a Föld lakosságának ivóvízzel való ellátottsága – minden probléma – ellenére sokat javult az elmúlt évtizedekben. Bár 2015-ben még mindig volt 22 olyan ország, ahol a lakosságnak több mint 10%-a egészségügyi szempontból nem biztonságos felszíni vizekből ivott, az országok  $\frac{3}{4}$ -ében az alapvető vízellátás biztosított. A kivételt nagyobb részben az afrikai országok jelentik<sup>121</sup>.

A jövőben növekvő vízigények egy egyszerű számítással is jól megbecsülhetők. Egy tonna gabona előállításához kb. ezer  $m^3$  vízre van szükség, s egy személynek évente átlagosan 300 kg gabonára van szüksége (beleértve azt is, hogy ennek egy része előbb állati takarmánnyként hasznosul, majd a húst fogyasztja el az ember). Ez alapján *egy személy élelmezéséhez 300  $m^3$  víz szükséges évente*. A jelenleg évente 83 millióval szaporodó emberiség 25 milliárd  $m^3$  új vízigényt jelent, ami egy 793  $m^3$ /sec-os folyó vízhozamának felel meg. Minden évben legalább ennyi új vízmennyiségre lenne szükségünk csak az élelem biztosítása miatt.

<sup>121</sup> lásd: <https://washdata.org/sites/default/files/documents/reports/2018-01/JMP-2017-report-final.pdf> 4. ábra.

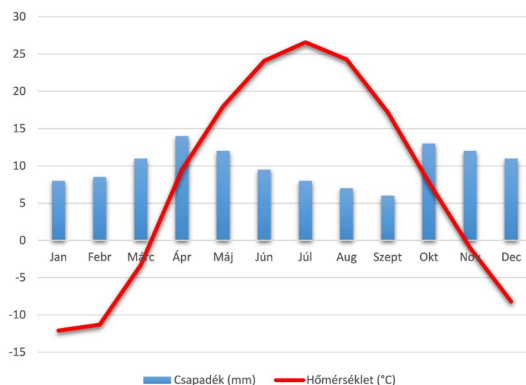
### 6.1.2. Haldokló nagytavak, szenvedő nagy folyók

Az édesvizek hiányát, túlhasználatát leglátványosabban Földünk néhány nagy tava és folyója mutatja leginkább. A tavak méretük látványos csökkenésével, a folyók pedig a vízkészletük változása mellett gyakran szennyezésükkel jelzik a bajokat. A következőkben néhány jól dokumentálható példán keresztül mutatjuk be az emberi beavatkozás és a természetes hatások következményeit.

#### *Aral-tó*

Az utóbbi 60 év egyik legösszetettebb vízi környezeti változása a közép-ázsiai Aral-tó vidékén történt, s akár egyfajta „állatorvosi lónak” is tekinthető. Az ottani változásokat sokan bolygónk egyik legrosszabb környezeti katasztrófájának tekintik.

A tó egy belső, kontinentális sivatagi területen fekszik (éves átlagos csapadék 118 mm), a párolgás az év egészében meghaladja a csapadékot (6.7. ábra), így vízháztartását szinte kizárólag a beletorkolló folyók szabályozzák. A tavat a Tiensan-hegységből (jelentős részben olvadásból) táplálkozó két folyó, az Amu- és a Szir-darja táplálta. A II. világháborút követően egyre intenzívebb gyapot- és rizstermelésbe fogtak a folyók mentén kiépített öntözőrendszerek segítségével. Ennek hatására jelentősen csökkent a tó vízutánpótlása, s vízszintje csökkenni kezdett az 1960-as évek elejétől. 1960-ban területe még 69,8 ezer km<sup>2</sup>, átlagos mélysége 17, legnagyobb mélysége pedig 69 méter volt. Sótartalma ekkor csupán 1% körül alakult.



6.7. ábra. Az Aral-tó környezetére jellemző klímadiagram<sup>122</sup>

<sup>122</sup> A <http://www.cawater-info.net/aral> adatai alapján.

Az 1960-as évek során azonban már a folyók vízhozamának 90%-át fordították öntözésre. Korábban a tó a folyókból ( $42\text{--}56\text{ km}^3$ ) és csapadékból ( $8\text{ km}^3$ ) összesen pedig átlagosan  $50\text{--}64\text{ km}^3$  vízpótlást kapott, s ez állt szemben a  $63\text{--}64\text{ km}^3$ -nyi párolgással. Az 1970–1985 közötti időszakra az utánpótlódás  $22,9\text{ km}^3$ -re csökkent ( $16,3+6,6$ ), a párolgás viszont csak kissé változott ( $56,2$ ). A tó területe ettől fogva látványos, és jól dokumentálható csökkenésen ment át (6.8. ábra). Az 1960-as években még csak 20 cm-t csökkent a tó szintje évente, ami az 1970-es évekre 60 cm, az 1980-asban pedig majdnem egy méter lett évente. Ennek hatására az 1980-as évek közepén északi és déli medencére osztódott (Nagy-Aral és Kis-Aral), majd mérete 2007-re az eredeti 10%-ra csökkent, és már 4 tóra tagolódott. 2009-re eltűnt a délkeleti tó, és a délnyugati tó egy vékony szalaggá húzódtott vissza (az egykori tó nyugati szélén). Bár a következő években alkalmanként az Amu-darja folyó kissé pótolta a délkeleti tó vizét, de a NASA 2014 augusztusi felvétele már azt mutatta, hogy az Aral-tó keleti medencéje a modern történelemben először teljesen kiszáradt<sup>123</sup>. A keleti medencét most Aral-kum sivatagnak hívják. 2017-re egy kicsit javult a helyzet a délkeleti tómedencében is, nagyobb területen van újra vízborítás. Nagy kérdés, hogy ez a helyzet melyik irányban változik a jövőben. A 2020 végi helyzet szerint nem jó irányba.

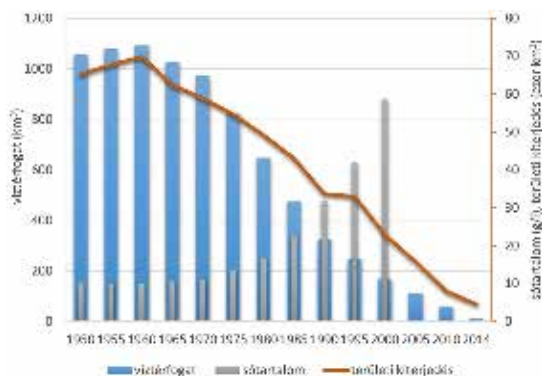


6.8. ábra. Az Aral tó területi változása Landsat űrfelvételek alapján 1977–2014–2017 (Forrás: NASA)<sup>124</sup>

<sup>123</sup> Az Aral-tó területi változásáról nagyon szemléletes képsorozatot találunk a 2000–2017-es időszakra a [https://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/aral\\_sea.php](https://earthobservatory.nasa.gov/Features/WorldOfChange/aral_sea.php) címen, a változásokat akár slideshow-ként is megnézhetjük.

<sup>124</sup> A felvételek eredeti forrása a NASA Earth Observatory. A letöltések helyei: 1987: <https://screenshotsdn.firefoxusercontent.com/images/e6392750-a5e7-4553-95a5-7589371630c2.png>, 2014: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/75/AralSea1989\\_2014.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/75/AralSea1989_2014.jpg), 2017: <https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=90857>.

A tó vízmennyisége az 1950-es évekbeli ezer km<sup>3</sup>-et meghaladó értékről 2014-re tíz közelébe esett (12,6 km<sup>3</sup>). Az egyre csökkenő vízmennyiségben a betöményedő víz sótartalma folyamatosan emelkedett<sup>125</sup> (6.9. ábra), amivel „sikerült” az egykori élővilág nagyobb részét is kipusztítani. Az Aral vidékéről 73 madár-, 70 emlős- és 24 halfaj tűnt el – elköltöztek, vagy elpusztultak.



6.9. ábra. Az Aral-tó kiterjedésének, vízmennyiségének és sótartalmának változása 1950–2014 között (az adatok forrása: [http://www.cawater-info.net/aral/data/index\\_e.htm](http://www.cawater-info.net/aral/data/index_e.htm))<sup>126</sup>

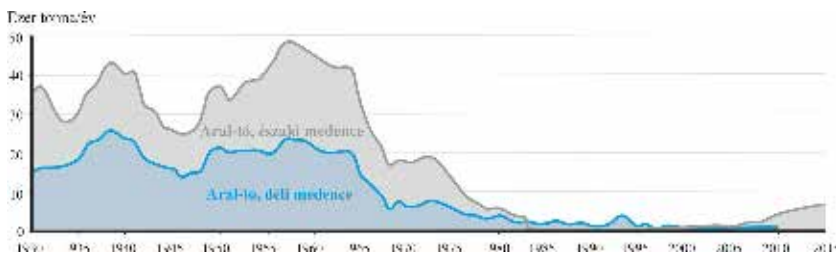
Ez a környezeti és ökológiai változás jelentős gazdasági és társadalmi változásokat is magával hozott. Az egykor jelentős halászat (évi 30-50 ezer tonna) a 2000-es évek elejére lényegében megszűnt (2006-ban 1360 tonna), és csak a Karakol-gát megépítése után kezdődött újra, jóval szerényebb mértékben (6.10. ábra). A sekély vízben egykor megfeneklett halászhajókat már sivatag fogja közre, s mintegy 60 ezer halász vált munkanélkülivé. A sós és gyakran vegyszerekkel szennyezett homok legalább 300 km-es körzetben okoz napi gondot.<sup>127</sup> Az igen szennyezett szálló por már az 1980-as években is komoly egészségügyi problémákat okozott. Az ivóvíz és szálló por szennyezettsége miatt magas volt a rák, a tuberkulózis, a hepatitis, a vérszegénység, az allergiás betegségek aránya, több esetben meghaladta az országos átlag háromszorosát. A sós por azonban károsítja a mezőgazdaságot ma is: tönkreteszi a távolabbi legelőket, aminek követke-

<sup>125</sup> A déli medencében már a 9,8%-os koncentrációt is meghaladta.

<sup>126</sup> A sótartalom 2000. évi adata a déli medencére vonatkozik, a későbbi időszakokra a különböző részmedencék értéke igen különböző. 2009 őszén a DNy-i medencében már 100, a DK-i medencében pedig 200 g/l feletti sótartalmat is mértek. A vízmennyiségre és kiterjedésre vonatkozó adatok 1995 után a résztavak együttes értéke.

<sup>127</sup> A szennyezés oka az, hogy a mezőgazdaságban használt vegyszerek is bekerültek az Aralt tápláló két nagy folyóba, azonban a csökkenő vízmennyiség miatt ezek erősen feldúsultak a vizekben, majd kiüledtek a tóban. A kiszáradó tófenékről pedig a szél könnyen elszállítja.

tében jelentősen visszaesett a háziállatok száma. A megszűnő munkalehetőségek miatt előbb növekvő munkanélküliség, majd jelentős elvándorlás jellemezte a területet. Az általános társadalmi problémát tovább terhelte az, hogy ez egy kisebbségi népcsoport (a kazahokkal rokon karakalpak) által lakott terület, akik nemzetiségi identitásuk elleni szándékos beavatkozásként élték meg a drámai környezeti változásokat.



6.10. ábra. Az Aral-tóból kifogott hal mennyisége 1930–2015  
(a GWP 2010 és Aladin at al 2017 alapján<sup>128</sup>)

Ez a környezeti hagyaték a Szovjetunióról öt utódállamra szállt<sup>129</sup>, tovább bonyolítva egy átfogó megoldás kidolgozását. A jelentős népességnövekedés miatt (az öt érintett köztársaság együttes népessége 1950 és 2017 között 11 millióról 70 millió fölé nőtt) nem tudják a vízfogyasztásukat lényegesen mérsékelni, így a tó nagy párolgásával a vízpótlás nem tudott lépést tartani. 1995 szeptemberében az öt érintett közép-ázsiai köztársaság megállapodást kötött az Aral-medence fenntartható fejlődéséről. Az elhárított beavatkozások ellenére a tó tovább zsugorodott, ami talán nem is olyan meglepő, ha azt hasonlítjuk össze, hogy miközben mintegy 50 millió ember közvetlenül függ az öntözéstől, „csupán” 3,5 millió szenved az Aral-tó csökkenésének következményeitől. A változtatási szándékok elindítottak valamit, de ezek kevésnek tűnnek. Kissé csökkent a vízfelhasználás, és javult az öntözés hatásfoka, de nőtt az öntözött területek nagysága (6.1. táblázat).

<sup>128</sup> [https://www.researchgate.net/publication/318729347\\_Current\\_status\\_of\\_lake\\_Aral\\_-\\_challenges\\_and\\_future\\_opportunities/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/318729347_Current_status_of_lake_Aral_-_challenges_and_future_opportunities/figures?lo=1)

<sup>129</sup> Az Aral-tó vízgyűjtője hét országra (közte öt volt szovjet tagköztársaságra) terjed ki, de a tó és szűkebb környezete csak két utódállam, Kazahsztán és Üzbegisztán területén található.



6.1. táblázat. Az Aral-tó vízgyűjtőjének néhány vízfelhasználási mutatója 1960–2000  
(az UNEP GRID Arendal adatai alapján)

	1960	1970	1980	1990	1999	2000
Öntözött terület (ezer hektár)	4510	5150	6920	7600	7900	7896
Vízfelhasználás (km <sup>3</sup> /év)	64,7	83,5	120,7	118,1	107,6	105,0
Ebből öntözésre (km <sup>3</sup> /év)	55,2	74,0	108,5	106,0	96,3	94,7
Öntözővíz felhasználás (m <sup>3</sup> /hektár)	12240	14370	15680	13950	12190	11850
Mezőgazdasági termelés (milliárd \$)	5,8	8,9	18,3	22,0	17,0	15,0

A helyzet azt követően kezdett javulni, hogy 1997-től az ENSZ Környezeti Programja is támogatást adott a probléma enyhítésére<sup>130</sup>. A Világ Bank forrásaiból finanszírozott 86 millió dolláros program keretében 2005-ben elkészült Kokaral-gáttal a megmaradt tófelületet két részre osztották, így az északi tavat elérő Szir-darja vize 2008-ra már 12 méterrel emelte meg annak szintjét<sup>131</sup>. Az északi tó víztömege a gát hatására 2018-ra 18%-kal nőtt, és sótartalma is visszaállt a régi értékre (8-13‰). A megmaradt tóról megjelenő újabb tudósítások növekvő halászati eredményekről szólnak, és a korábbi egy faj helyett, már változatosabb a halfogás. Az optimista megállapításokat (miszerint az ember okozta ökológiai károk következményeit helyre lehetne állítani) azonban érdemes egy másikkal is szembesíteni: nincs esély arra, hogy a tó visszaszerezze eredeti (1960 körüli) méretét. Sőt az Aral-tó sorsa hosszabb távon akár romolhat is. Az ázsiai gleccserek folyamatos visszahúzódása a tavat egykor tápláló folyókat is érinti. Kevés az esély, hogy a csökkenő vízkészletekből több jusson a tóba, hiszen látható, a csökkenő vízfelhasználás jelentősen rontotta már eddig is a mezőgazdaság eredményességét.

Az Aral-tó környezetéről napjainkban már igen részletes értékelések is elérhetők<sup>132</sup>, változásait bemutatva megállapíthatjuk, hogy bár sivatagi területen helyezkedik el, az 1960-as évekig vízkészletének változásai kisebbek voltak. Azt követően azonban *vízmenyiségét döntően az antropogén beavatkozások alakították, és a klímaváltozás hatása az elmúlt fél évszázadban itt alig kapott szerepet a környezeti változásokban.*

## A Csád-tó

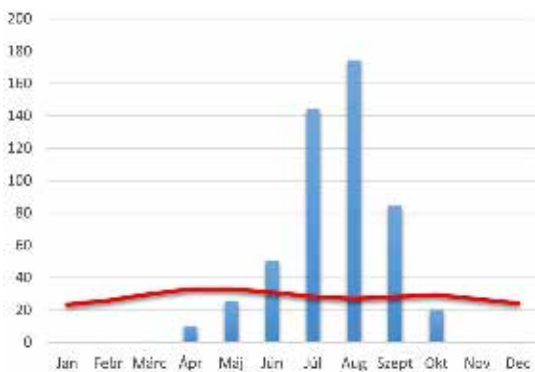
Könyvünk készítésekor egyre nagyobb társadalmi válság van kibontakozóban a Csád-tó tágabb környezetében. Vannak, akik ezt élelmezési és humanitárius problémaként értékelik, pedig annak gyökerei összetettebbek: az éghajlati és társadalmi hatások együttes eredményeként inkább környezeti.

<sup>130</sup> International Fund for Saving the Aral Sea

<sup>131</sup> 2015-ben már 17 méteres vízszintkülönbség volt északi és a délnyugati tó között. A déli medence szintje 2002 és 2015 között 31,5 méterről 25,5-re csökkent, az északi 40 méterről 42,5-re emelkedett (a Balti-tengerhez viszonyítva).

<sup>132</sup> Például: [http://www.cawater-info.net/yearbook/pdf/02\\_yearbook2018\\_en.pdf](http://www.cawater-info.net/yearbook/pdf/02_yearbook2018_en.pdf)

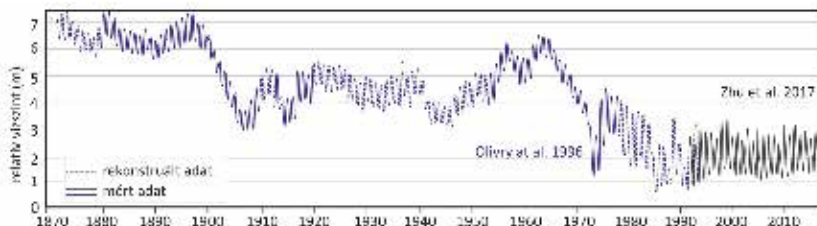
A Szahara déli pereme mentén található Csád-tó az Aralhoz hasonlóan krízishelyzetben van. Bár a megfigyelhető folyamatok mutatnak egyezést, számos lényeges eltérés is felfedezhető. A Csád-tó egy zonális sivatag és a szavanna határzónája közelében található. A csapadék a száraz ÉK-i parton is 300 mm felett van (Bol városában 1954–1972 között 125 és 565 mm között változott, az átlag pedig 315 mm volt), a DK-i részekben azonban lényegesen magasabb (N'Djaménában – az egykori Fort Lamyban – már átlagosan 650 mm körül alakul – 6.11. ábra). A csapadék zöme a nyári időszakban (leginkább júliusban és augusztusban) hullik, mennyisége ilyenkor 1-2 hónapig a potenciális párolgást is meghaladhatja, míg az év nagyobb része csapadéktelen. Az Aral-tóval összehasonlítva, tehát számottevően jobb a csapadékelletlenség a környezetében. A tó vízmennyiségét tehát döntően ennek a rövid időszaknak a csapadéka határozza meg, és ezért kiterjedése és vízszintje jelentős szezonális vízszint-ingadozást mutat (6.12. ábra), amely erősen összefügg sekély mélységével (normál időszakban sem volt mélyebb 5-8 méternél).



6.11. ábra. A Csád-tó déli környezetére jellemző klímadiagram: a hőmérséklet és a csapadék átlagos évi alakulása<sup>133</sup>

A Csád-tó közel másfél évszázadra visszamenőleges szintváltozásai jól mutatják a csapadékban megmutatkozó különbségeket. Az 1870-es évektől az 1960-as évek elejéig terjedő időszakban a természetes csapadékviszonyok alakították a vízszintet. Ekkor a tó vízállása évente kb. 1 méteres intervallumokban változott: a két hónapos vízszint-emelkedést tíz hónapos, párolgás miatti csökkenés követte.

<sup>133</sup> Az adatok forrása: <http://www.n-djamena.climateemps.com/>



6.12. ábra. A Csád-tó vízszint változása 1870–2016  
(USGS Olivry et al 1996 és Zhu et al 2017 felhasználásával)

A 19. század utolsó harmadában egy magas vízszint és nagyobb tófelszín volt jellemző, amit az 1900-as évek elején egy közel tíz éves száraz időszak hatására 3 méteres vízszint csökkenés követett. Az azt követő fél évszázadban – két néhány éves szárazabb időszak kivételével – viszonylag egyenletes volt a tó vízjárása (a 19. század végi szintnél 2 méterrel alacsonyabban). Az 1950-es évek második felétől az 1960-as évek közepéig a vízszint kb. 1 méterrel még magasabb tartományba került, s a jelentősebb emberi hatások előtt alig 1 méterrel maradt csak el a száz évvel korábbi vízszinttől. Az ezt követő két évtizedes szárazság és a vízgyűjtőben hirtelen megnőtt vízhasználat gyors változást indított el.

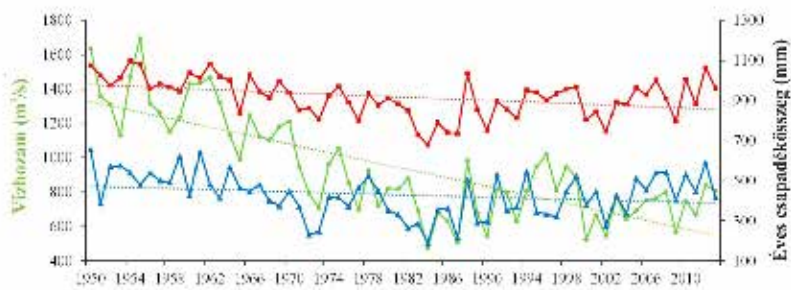


6.13. ábra. A Csád-tó területi változásai 1973 – 2013 – 2017 (Forrás: NASA)<sup>134</sup>

Az 1963-as nedves évtől a Csád-tó az Aralhoz hasonló hatalmas változáson ment át, területe 2001-re a korábbi huszadára (!) zsugorodott (6.13. ábra). A növekvő népesség miatt a vándorló félnomád gazdálkodást az 1960-as évektől egyre inkább felváltották az állandó települések, amelyek intenzívebb gazdálkodást követeltek. A tó DK-i partja

<sup>134</sup> A képek letöltésének helyei: 1973 és 2017: [https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=91291&eocon=related\\_to&eocon=related\\_image](https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=91291&eocon=related_to&eocon=related_image), a képek hamis színű kompozitok, 2013: [https://earthshots.usgs.gov/earthshots/sites/all/files/earthshots/2013-FullMosaic\\_LakeChad\\_Main%28chs.%201%2C2%2C3%29.png](https://earthshots.usgs.gov/earthshots/sites/all/files/earthshots/2013-FullMosaic_LakeChad_Main%28chs.%201%2C2%2C3%29.png)

mentén Nigéria egy nagy öntözési programot indított az 1960-as évek elején, melynek keretében 55 ezer családi farm kialakítását tervezték. A tervezés a nedves 1962-63-as időszakban kezdődött, és az első ezer hektáros projekt 1966-ban sikeresen meg is valósult. A program fő része 1974–1979 között zajlott, aminek keretében 67 ezer hektár öntözhető terület kiépítésére került sor. Az öntözést csatornák és szivattyúk segítségével végezték, nagyobb részben gravitációsan. A kidolgozott öntözési terv azonban a tó vízszintjéhez igazodva készült. Így azután, amikor a vízszint a 2 méteres szint alá süllyedt, nem lehetett öntözni. Az eredmény az lett, hogy működés első évtizede alatt, csak hat évben tudták használni – maximum 7000 hektár öntözésére. A 6.12. ábrán látható, hogy a terv készítésekor valós korábbi adatokból indultak ki, hiszen a megelőző száz évben mindig meghaladta a tó szintje a szükséges értéket. Nem számoltak azonban a tavat tápláló folyók mentén időközben megvalósult öntözések vízszintcsökkentő hatásaival, illetve az imént már említett, az egész Szahel zónára kiterjedő rendkívüli aszályal. Néhány évvel később Kamerun, Csád és Niger is nagy öntözési programokat indított el. Az 1970-es évek szárazsága miatt a Chari folyó mentén is fokozódott az öntözés, és a kettős hatásra a folyó lefolyása 75%-kal csökkent (a csádi N'Djamena városánál). Mindeközben a tóparton települések sora épült (csak a nigériai szakaszon 1975 és 1988 között 40-ről 100-ra nőtt a számuk).



6.14. ábra. A csapadék és lefolyási viszonyok változása a Csád-tó déli környezetében 1950–2014 (Zhu et al 2017)

A csapadékeloszlás és a kis tómélység miatt a Csád-tó korábbi száraz évszakbeli átlagos 10 ezer km<sup>2</sup>-os kiterjedése 2001-re 1350-re csökkent (1982: 2276, 1994: 1756 km<sup>2</sup>), a kisebb vízfelület miatt viszont éves vízszintingadozása nőtt. Az 1970-es évekig az éven belüli ingadozás az egy métert csak ritkán haladta meg, utána azonban már nem volt ritka a 2 méternél nagyobb sem. A tó nyílt vízfelülete 20 év alatt (1960–1980) szinte megszűnt. A folyamatokat modellezve arra az eredményre jutottak, hogy az

időszak első felében a vízfelület csökkenésben még csak 5%-ot jelentett az öntözés hatása, később viszont (amikor az öntözött terület megnégyszereződött) már fele részben ez volt okolható a változásokért.

Az 1990-es évek eleje óta a csapadékviszonyok a korábbi időszak átlagai körül alakulnak, sőt az utóbbi 30 évben inkább enyhén növekvő csapadéktrend figyelhető meg (6.14. ábra). A tó vízszintje és területe is „stabilizálódott” egy viszonylag alacsony szinten. Júniusi legkisebb területe átlagosan 1427 km<sup>2</sup>, novemberi legnagyobb pedig 1465 km<sup>2</sup>, az évszakos területi változása így csupán 38 km<sup>2</sup>.

A kevesebb víz, a kisebb tófelület jelentős ökológiai változásokat is elindított: csökkent és átalakult a vegetációval borított terület. 2001-ben hozzávetőlegesen a tó-medence felét már tájidegen fajok borították. A kedvezőtlen hatások mérséklésére 2003–2006 között az UNDP Global Environment Facility támogatásával 19 millió dolláros programot valósítottak meg. Ennek fő céljai a víz- és talajdegradációs folyamatok megállítása, illetve új vízügyi és földhasználati irányítás kialakítása volt a környezetében.

Az előzőekben bemutatott komplex környezeti válságra „rakódott rá” az elmúlt másfél évtized társadalmi krízise. Az éhezés viszonylagos visszaszorulásával az utóbbi évtizedekben felgyorsult a népesség szaporodása. Így 2020-ban az átlagéletkor 15-19 év (!) az érintett országokban. Az utóbbi években egyre nyilvánvalóbb lett (amit egyébként már legalább tíz éve rendszeresen hangoztatnak), hogy nincs elegendő környezeti erőforrás a nagy népesség eltartására. Az élelmiszerellátás bizonytalansága és az alultápláltság elérte a kritikus szintet. 2018 elején több, mint 17 millió ember élt a térségben, közülük mintegy 7,2 millió súlyos élelmiszerhiányban (igaz ez a 2017-es jobb termés következményeként átmenetileg 4,5 millióra csökkent)<sup>135</sup>. A rossz általános helyzetet járványok (legutóbb kolera) súlyosbítják. A probléma megoldhatatlanságát mutatja az is, hogy 2,3 millió fő elhagyni készül a térséget. Jól foglalja össze a helyzetet az egyik újságcikk<sup>136</sup>: „amikor vízforrások kiszáradnak, az éhség, a kényszerű vándorlás és a radikalizálódás következik”. Az elégedetlen emberek körében terjedt a terrorizmus (gyakran kívülről érkezve) megfélemlítve a kiszolgáltatott lakosságot. Szomorú bizonyítéka ennek, hogy 2017-ben legalább 135 gyermeket (ötször annyit, mint 2016-ban), kényszerítettek arra, hogy a testükhöz erősített robbanóanyagokkal merényleteket kövessenek el. Sajnos a kormányzatok nem tudnak elég hatékonyan fellépni ebben sem. Az instabil helyzet, pedig még nagyobb elvándorláshoz vezethet.

Ha megpróbálunk választ adni arra a kérdésre, hogy miben hasonló és miben különbözik az Aral- és a Csád-tó problémája, akkor az alábbiakat mondhatjuk. Földrajzi szempontból a folyamat hasonló: Földünk legnagyobb tavai közül kettő szinte azonos

<sup>135</sup> A térség országai közül leginkább (2/3-ad részben) Nigéria érintett.

<sup>136</sup> <https://www.internationalrivers.org/resources/lake-chad-s-water-crisis-the-new-yorker-16604>

időben töredékére zsugorodott. Az okok között mindkettőben kiemelkedően fontos az ember szerepe (a vízkészletek mezőgazdasági célú túlhasználatával), azonban a Csád esetében az antropogén hatást egy klimatikus hatás is fokozta<sup>137</sup>. Mindkét tó esetében a problémákat látva fejlesztési programokkal próbálták mérsékelni a kedvezőtlen folyamatokat. Ezek eredményei ugyan helyi sikereket hozhattak, de inkább csak a káros folyamatok megállítására alkalmasak, a tavak méretét többé-kevésbé stabilizálták – egy korábbihoz viszonyított töredék méreten.

A különbségeket nézve látható, hogy a Csád esetében a közvetlenül érintett népesség többszörös, sokkal kisebb az államok központi szerepe, és a térséget terrorizmus is sújtja. Nem látszik arra esély, hogy az országok belátható időn belül saját maguk meg tudják oldani a gondjaikat, a gazdasági mellett humanitárius katasztrófa fenyeget – akár már rövid távon is.

Ha hosszabb időtávra tekintünk előre, akkor az Aral- és Csád-tó jövője eltérően alakulhat. Bár a Csád-tó jövője sem tűnik fényesnek, de éppen vízpótlásának klimatikus háttere miatt talán mégsem olyan reménytelen, mint az Aralé. A hosszú szaharai száraz időszak elmúltával, a vízkészletek takarékosabb felhasználásával lehet remény a tó regenerálódására. Víz van és lesz, nagy kérdés azonban, hogy az ott élők tudnak-e majd élni a lehetőséggel, és tudnak-e kellő mértéket mutatni a vízfelhasználás terén. Az Aral jövője a jelenleg tapasztalható globális melegedés miatt kevésbé biztató. Igaz, hogy az eddigi bajok forrása szinte teljesen az emberi beavatkozás volt, a jövőben viszont az olvadó hegyvidéki területekről egyre kevesebb víz várható, és a csapadékok időbeli eloszlása is jóval egyenetlenebb lehet.

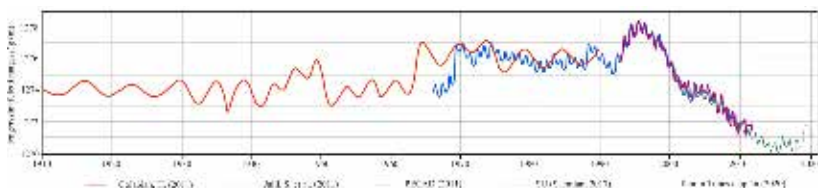
## *Urmia-tó*

Irán legnagyobb, az 1990-es években 5775 km<sup>2</sup>-es tava, az Urmia a Földünk egyik legnagyobb sós tava (hosszúsága 142 km, szélessége 54 km, mélysége átlag 6-15 méter). Környezeti problémája sokban hasonló a korábban bemutatott Aral és Csád tavakéhoz – csak a változás kb. 30 évvel később jelentkezett. Tehát nyugodtan mondhatjuk, hogy nem sikerült tanulni a mások által elkövetett hibákból.

A lefolyástalan tó évente 0,6-1 méter vizet párologtatott, sótartalma a környezeti változásai előtt is magas volt (tavasszal 8-11%, késő ősszel 26-28%). A tó szép környezete és a sós víz kedvező egészségügyi hatásai miatt kedvelt volt a turizmus számára. Vízsintje az 1970-es évek elejétől az 1990-es évek közepéig kifejezetten magas volt,

<sup>137</sup> Egy 2017-ben közzé tett kutatás (<https://earthobservatory.nasa.gov/Features/LakeChad/>) a Csád tó víz-szintjének változása és a csapadékanomáliák között szorosabb kapcsolatot mutatott ki. A Sahel régióra számolt 1 cm körüli csapadékanomália és a tó 2 méter körüli szintváltozása közötti kapcsolat azonban megkérdőjelezhető.

azonban 1996 táján rohamosan süllyedni kezdett (15 év alatt majdnem 7 métert) (6.15. ábra). Területe a korábbi 10-12%-ára csökkent<sup>138</sup> (6.16. ábra), a sótartalom pedig 340 g/l-ig emelkedett (ami tízszerese a világtenger átlagának és kb. a Holt-tengerhez hasonló). A tó egyébként is gyér élővilága a változásokat csak töredékében vészelte át, a turizmus látványosan visszaesett. Miután az itt élők már ismerték az Aral-tó szomorú példáját, tüntetésekkel is követelték a kormány hathatós beavatkozását a környezeti katasztrófa megfékezésére.



6.15. ábra. Az Urmia-tó vízszintváltozása 1910–2020  
(Forrás: UNEP 2012, US 2017 és a Tehran Times adatai alapján<sup>139</sup>)



6.16. ábra. Az Urmia tó területi változásai űrfelvételeken 1998 – 2014 – 2016  
(Forrás: NASA és ESA)<sup>140</sup>

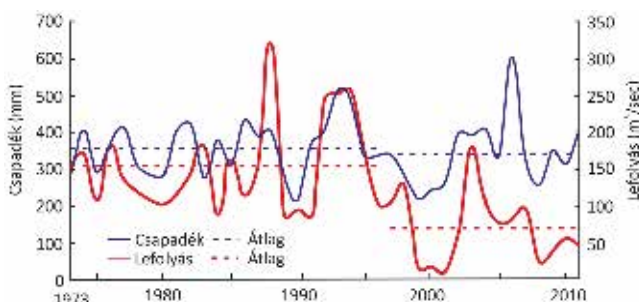
<sup>138</sup> A folyamatról szemléletes animációt találhatunk: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c6/Urmia\\_lake\\_drought.gif/250px-Urmia\\_lake\\_drought.gif](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c6/Urmia_lake_drought.gif/250px-Urmia_lake_drought.gif), magyarázatot pedig a <https://www.youtube.com/watch?v=B9u1wR7Wkrk> címen.

<sup>139</sup> Az adatok forrásai: UNEP 2012, University of Stuttgart (Saemian) in situ adatai: <https://www.gis.uni-stuttgart.de/en/research/projects/urmia/> és a Tehran Times vízszintekre vonatkozó hírei alapján.

<sup>140</sup> A képek eredeti forrása: NASA Earth Observatory és ESA Earth Watching. <https://i.guim.co.uk/img/static/sys-images/Guardian/Pix/pictures/2015/1/23/1421981981426/f5f5fe26-9b9b-4325-a663-82d95624a82d-2060x1406.jpeg?w=1225&q=55&auto=format&usm=12&fit=max&s=319b13c7546ac11e4ff66d0670b27a08>, <https://earth.esa.int/web/earth-watching/image-of-the-week/content/-/article/lake-urmia-iran>



Ha áttekintjük röviden a változások okait kereső kutatások eredményeit, akkor kiderül, hogy összetettebb az okok láncolata, de az emberi hatások jóval felülmúlják a természetes okokat. Az évi csapadék a tó környékén általában 250-450 mm körül alakul, ennek változásait korábban kevésbé érezte meg a tó vízszintjének alakulása. Az 1990-es évek vége felé viszont egy kissé szárazabb időszakban gyorsan csökkent a tó szintje. A vizsgálatok kiderítették, hogy ekkor sem a csapadék, hanem a lefolyás csökkent számottevően (6.17. ábra). Emellett a nem nagy távolságra levő olyan nagy tavak, mint a törökországi Van-tó, vagy az örményországi Sevan-tó vízháztartása nem változott jelentősen (igaz azok medencéje mélyebb). Ha az antropogén okokat keressük, akkor többet is találunk.



6.17. ábra. Az Urmia tó környezetének csapadék és lefolyási viszonyai 1973–2011 (Farajzadeh at al 2014)

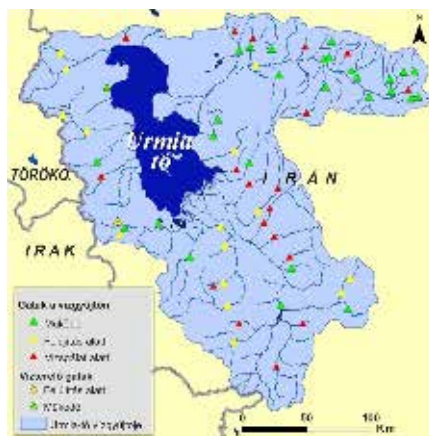
A lefolyáscsökkenés hátterében a mezőgazdasági célú vízkivételek nagymértékű növekedése áll, amit a tó vízgyűjtőjén élő 6,5 milliós népesség indokol. A felsívatagi területen húsz év alatt több, mint duplájára nőtt az öntözött területek nagysága. A vízfelhasználásokat segítő a tó vízgyűjtőjén számos gát tartja vissza a vizet, de továbbiak is vannak tervezés vagy építés alatt (6.18. ábra). A vízvisszatartást az indokolja, hogy a tóba bekerülő édesvíz a nagyon sós vízzel keveredve már nem hasznosítható. A felszíni vizek mellett a biztonságosabb termelés érdekében számos kutat is fúrtak (2002 és 2012 között számuk 64,4 ezerről 107 ezerre nőtt), jelentősen csökkentve a felszín alatti lefolyást.

Egy másik problémát okozott a tón keresztül haladó új közlekedési út, ami egy 1,5 km-es szakaszt kivéve gátként osztja ketté a tavat. Ennek az lett a következménye, hogy a tó természetes vízcirkulációja megszűnt (kettészakadt), aminek következtében a déli, sekélyebb medence gyorsabban melegedett és párolgott. Az eredmény pedig annak kiszáradása lett. A sors furcsa fintora, hogy a tó környezeti leromlása abban az országban következett be, ahol 1971-ben aláírták a vizes élőhelyekről szóló Ramsari



Egyezményt. A kiszáradó tómeder hatalmas por- és sóviharok forrása lett, emellett az északi medence DNY-i részét a sivatag is kezdte birtokba venni.

Az Urmia környezeti problémájának társadalmi vetülete annyiban hasonlít az Aral-tó környékihez, hogy itt is van nemzetiségi vonatkozása, hiszen nagy számban kurdok és örmények élnek a területen (igaz ezek létszáma jóval nagyobb).



6.18. ábra. Az Urmia-tó vízgyűjtőjén létesített, épülő és tervezett gátak (UNEP 2012)

Bár az iráni kormányzat a lakossági tiltakozásoknak nem engedett nagy teret, ugyanakkor elkezdett megoldást és ahhoz pénzügyi forrásokat keresni. Első lépésben, 2014-ben saját forrásból (kb. 500 millió dollár) kezdték meg a legfontosabb vízgazdálkodási és gazdálkodási feladatok megvalósítását (gazdálkodók vízhasználatának csökkentése, környezeti helyreállítás). Ezt követően az ENSZ Fejlesztési Programja (UNDP) és a FAO segítségével valamint a japán kormány anyagi támogatásával egy 1,3 milliárd dolláros projektet (Urmia Lake Restoration Program) indítottak 2016-ban<sup>141</sup>. A program az integrált vízgyűjtő-gazdálkodás szemléletével készült, melynek elemeiként a takarékos vízgazdálkodást, a szárazságra való felkészülést és új vízkészletek bevonását (a tó vízgyűjtőjén kívülről) is célul tűzte ki. A gazdálkodók új öntözési technológiákat és a nedvességet visszatartó talajművelési módokat vezettek be. A program sikerét az erős központi kormányzat, és a (fő elemeiben) egy országon belüli megvalósítás sokban segítette. Bár korábban hihetetlennek tűnt, a változások megindultak.

<sup>141</sup> Az Urmia-tó környezeti krízisét és a megoldásra tett kezdeti lépéseket részletesen bemutatja például: <http://www.ulrp.ir/wp-content/uploads/2019/04/presentation-of-ULRP-2017-Aug-red.pdf>, illetve <http://www.ulrp.ir/wp-content/uploads/2019/04/Presentation-red.pdf>

2017. márciusában az egyik külföldi szakértő meglelégedéssel számolt be az eredményekről: az Urmia-tóba lassan, de biztosan visszatér az élet<sup>142</sup>. Ennek jele például, hogy a negyed évszázada még 31 milliárd m<sup>3</sup>-nyi vizet tartalmazó tó, aminek a 2013 táján kialakult legrosszabb helyzetben csak fél milliárd m<sup>3</sup>-re csökkenő készlete volt, 2017-re 2,5 milliárd m<sup>3</sup>-re emelkedett. A vízfelület az 500 km<sup>2</sup>-nyi minimumról 2300-ra nőtt. Igaz, hogy a víz még sekély, de a szél már nem fújja a sót a környező földekre, településekre, stb. Az elindult változások már láthatóak a 2017-es űrfelvételen is (lásd korábban a 6.16. ábrát). Bár a külső területekről tervezett átvezetések csak részben valósultak meg (Silveh-duzzasztó), az első komoly lépések a környezeti probléma átfogó megoldásra megtörténtek. A kutatások azt is feltárták, hogy a tó környezeti problémái 2/3 részben társadalmi okokra vezethetők vissza.

2020 elején azonban úgy tűnik, hogy az Urmia-tó megmentéséről szóló optimista híradások kissé elhamarkodottnak bizonyultak. A kedvező változások nem folytatódtak, sőt a 2017-es, újabb aszályos év után 2018 elején a tó vízszintje 1270,3 m tszf. magasságra csökkent, ami megközelítette a 2015-ös minimumot (1270,06 m). Némi kedvező fordulatot a 2019-es kissé csapadékosabb év hozott, amikor a nyár elejére 1271,96 méterig emelkedett a vízállás, majd 2020 január elejére 1271,27 m-re csökkent<sup>143</sup>, majd a téli csapadékok hatására március közepére 1271,84 cm-re emelkedett. Figyelemre méltó, hogy a tó vízszintjének emelkedése 2019-ben rendszeresen kiemelt hír volt az iráni napilapokban.<sup>144</sup> Úgy tűnik azonban, hogy az ökológiailag kívánatos 1274,1 méteres szint elérése messzebb van, mint gondolták, és vélhetően rövidebb időtávon erősen függ az Urmia-tó programjának sikere a mindenkor csapadéktól, és már az is komoly eredmény, hogy a tó kiszáradását sikerült megállítani. Talán ez még így is példa lehet a jövőben a világ más tájain.

## Poyang-tó

Néhány évig úgy nézett ki, hogy a Kína legnagyobb, kb. 4500 km<sup>2</sup>-es tava is csatlakozik a már bemutatott, kritikus helyzetben levő tavakhoz. A Poyang-tó természetesen módon kapcsolódik a Jangce folyóhoz. Jelentős szerepe van a környék vízellátásában, és mintegy félmillió vándorló madár fontos téli pihenőhelye. A tó a 2010-es évek elején elkezdett kiszáradni, elmocsarasodott, majd legelő lett a medrében. Felvetődött az is, hogy egy gáttal stabilizálják a vízállását. A változások háttérében több okot is említettek: a folyamból történő nagymértékű homokkitermelést, a Három-szurdok-gát-

<sup>142</sup> <http://www.ir.undp.org/content/iran/en/home/presscenter/articles/2017/03/22/lake-urmia-comes-back-to-life-slowly-but-surely.html>

<sup>143</sup> A tó aktuális vízszintjéről a Urmia Lake Restoration Program honlapjáról kaphatunk tájékoztatást: <http://www.ulrp.ir/en/category/multimedia/infographics/>

<sup>144</sup> Például: <https://www.tehrantimes.com/news/440514/Lake-Urmia-water-level-on-the-rise>

nak a folyó vízszállítására gyakorolt hatását és a hosszabb szárazabb időszakokat. 2016 őszén például az alacsony vízállás a folyóban 50 nappal korábban kezdődött, mint az átlagos évben szokott, és látványos fotók dokumentálták a tó kiszáradását<sup>145</sup>.

2017 júliusában egy hatalmas áradás azonban nemcsak a tó kiszáradásának vetett véget, de jelentős árvíz is okozott.<sup>146</sup> Itt az igazi megoldást a természet biztosította – a nagy folyó segítségével. Az emberi beavatkozások káros következményeire azonban így is felhívta a figyelmet.

### *A Holt-tenger*

A Holt-tenger – ami nevétől eltérően tó – Földünk egyik aktív geológiai törésvonalában, a Földközi-tengertől 80-100 km távolságra, a Jordán-árokban helyezkedik el. Bár átlagos mélysége mintegy 200 méter, kiterjedésében (90x10-15 km) elmarad a korábban bemutatott tavaktól, számos természeti különlegességgel rendelkezik, környezete az emberiség egyik kiemelten fontos történeti, kulturális helyszíne, és sajnos az emberi beavatkozások súlyos elszennvedője.

A tó partvidéke Földünk legmélyebb szárazföldi felszíne, napjainkban már közel 435 méterrel a tenger szintje alatt. Sótartalma mintegy tízszerese a világtenger átlagának, egyes időszakokban akár 340 g/l körül is alakulhat, s a tudósok megfigyelései szerint benne a körülmények hatására jelenleg is sófelhalmozódás zajlik (kb. 10 cm/év).<sup>147</sup>

A Holt-tenger vidéke erősen vízhiányos sivatagi terület, a párolgással a tó folyamatosan sok vizet veszít, amit hosszú időn keresztül a bele ömlő folyók (északról a Jordán, keletről Yarmuk és néhány kisebb patak) pótolnak. Vízszintje a 19. század folyamán 400–395 méterrel volt a tenger szintje alatt. A 20. század első harmadában ez -390 méter körül alakult (területe ekkor 1050 km<sup>2</sup> körül volt), az 1950-es évektől azonban egyre nagyobb ütemben kezdett el süllyedni (az 1970-es, 1980-as években évi 70 cm-rel, majd azt követően már 1 métert is meghaladóan) (6.19. ábra). A változások oka elég egyértelmű. A 20. század első felében a történelmi hazájába egyre nagyobb számban tért vissza a zsidó népesség (jórészt a megvásárolt terméketlen területekre), ami a holokauszt, majd a zsidó állam 1948-as megalapítása után újabb lendületet kapott. A növekvő népesség (1950: 1,3 millió, 1990: 4,5 millió, 2019: 9,1 millió) önálló élelemellátása a sivatagi területen csak öntözéssel volt biztosítható. Hiába alakította ki Izrael állam a világ leghatékonyabb öntözéses gazdálkodását, ez csak növekvő vízfelhasználással lehetett sikeres. Ez a gazdasági érdek – a szomszédos országokkal

<sup>145</sup> <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gallery-detail.asp?name=poyang>, és <http://www.dailymail.co.uk/news/article-3904648/China-s-largest-freshwater-lake-three-times-size-London-dries-drought.html>

<sup>146</sup> [http://www.xinhuanet.com/english/2017-07/13/c\\_136441164.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2017-07/13/c_136441164.htm)

<sup>147</sup> <https://earthobservatory.nasa.gov/images/145373/getting-saltier>

folyamatos feszültségek forrását okozva – a felszíni vízkészletek drasztikus átrendezését eredményezte. 1950-es évek elején még a Jordán-folyó Tiberius-tóból (másik nevén Galileai-tenger) továbbfolyó évi 605 millió m<sup>3</sup>-es készlete a Yarmuk-folyó 465 millió m<sup>3</sup>-es mennyiségével, valamint néhány kisebb folyó vizével kiegészülve évi 1285 millió m<sup>3</sup> vizet juttatott a Holt-tengerbe. A 2000-es évekre viszont Izrael a Jordán vízkészletének zömét az északi és déli öntözőrendszereibe juttatja (100+440 millió m<sup>3</sup>). Így a Jordán-folyó maradványából, valamint a szíriai (200 millió m<sup>3</sup>) és jordániai vízfelhasználások miatt csökkenő vízszállítású Yarmukból már csupán 120 millió m<sup>3</sup> friss víz, illetve a szenny- és csurgalékvizek, összesen 275 millió m<sup>3</sup> víz éri el a Holt-tengert. Azaz fél évszázad alatt majdnem ötödére csökkent a vízpótlása.<sup>148</sup>



6.19. ábra. A Holt-tenger vízállásának hosszú időtávú változása 1810–2020 (Allan et al 2012 és az IOLR adatainak felhasználásával<sup>149</sup>)

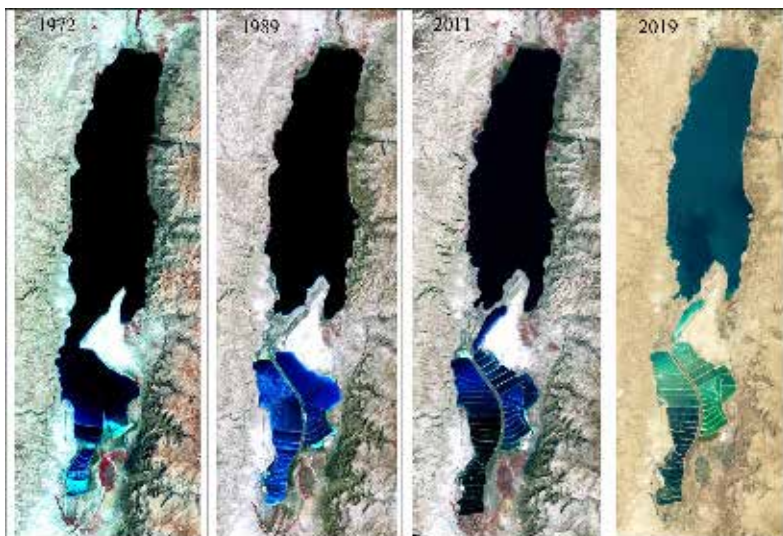
Bár a csökkenő vízmennyiség és a változatlan párolgás nyomán a tó vízszintje folyamatosan süllyedt (2020. augusztusban -434,86 méter volt), ez sokáig nem okozott látványos változásokat méretében (a meder árkos jellege miatt). Az 1970-es évek másik felében a tó azonban két részre osztdott<sup>150</sup>. Így a sekélyebb, déli része a gyakorlatban „só bepárló” ipari terület lett, amit már nem tekintenek a tó természetes részének, s ez is oka jelentős méretváltozásnak (6.2. táblázat). Ennek előzményei már látszanak az 1970-es évek űrfelvételein is (6.20. ábra). A későbbi időben, a tó déli részébe már

<sup>148</sup> A térség vízforgalmi változásairól négy időkeresztmetszetben igen részletes ábrák találhatók a <https://books.openedition.org/ifpo/5054> címen

<sup>149</sup> Allen et al 2010 és az Israel Oceanographic & Limnological Research adatai alapján: [http://siteresources.worldbank.org/INTREDSEADEADSEA/Resources/Study\\_of\\_Alternatives\\_Report\\_EN.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTREDSEADEADSEA/Resources/Study_of_Alternatives_Report_EN.pdf) és <https://isramar.ocean.org.il/isramar2009/DeadSea/LongTerm.aspx>

<sup>150</sup> A két medencérszt elválasztó gerinc legmélyebb része -401 m tszf.

szivattyúkkal emelik fel a vizet, Izrael és Jordánia határán töltést alakítottak ki, és mindkét országban számos „parcellát” alakítottak ki, ahol a bepárolt sóoldatból ipari alapanyagokat (főként kálium, magnézium, bróm, klór) állítanak elő.



6.20. ábra. A Holt-tenger változása űrfelvételeken (1972-2019)<sup>151</sup>

6.2. táblázat. A Holt-tenger vízszintjének és a kiterjedésének változás

Év	A vízszint tengerszint feletti magassága (m)	A tó felszínének kiterjedése (km <sup>2</sup> )
1930	-390	1050
1972	-397	950
1980	-400	680
1992	-407	675
1997	-411	670
2004	-417	662
2010	-423	665
2011	-425,5	637
2016	-430,5	605
2019	-433,5	595
2020	-434,9	

<sup>151</sup> Az űrfelvételek forrása és időpontjai: Landsat-4 MSS (1972.09.15), Landsat-7 TM (1989.08.27), Landsat-7 ETM+ (2011.10.11), Landsat-8 (2019.07.31)

Miután a Holt-tenger magas sótartalma miatt nem rendelkezett élővilággal, a jelentős változások nem okoztak ökológiai károkat. Komoly környezeti gondot okoz viszont, hogy a környékén fűrt kutak évente kb. 80 millió m<sup>3</sup>-rel csapolják meg a mélységi vizek tartókon keresztül vízkészletét. Az ennek ellenére is egyre süllyedő rétegvízszintek miatt a tó környékén sókarsztok alakultak ki, amiknek beszakadása komoly veszélyt jelent az ott megforduló személyeknek.

A Holt-tenger vízmennyiségének a Vörös-tengerből történő pótlására Izrael és Jordánia közös tervet dolgozott ki, ami ugyan a gazdasági és politikai körülmények miatt akadozik, de Jordánia elszántnak látszik, hogy egy bővebb program keretében megvalósítsa. (Ezt a 6.1.6. fejezetben ismertetjük).

A korábban bemutatott tavak példája csak a jéghegy csúcsát jelzik. Földünkön számos több száz km<sup>2</sup>-es tó tűnt el, vagy csökkent töredékére az elmúlt évtizedekben. Egyiptomban a Manzala-tóból előbb kipusztultak a halak az ipari szennyezés miatt, majd területe töredékére csökkent. A nicaraguai Managua-tó a városi szennyvíz miatt biológiailag halott, Kambodzsában az erdőirtás miatti feliszapolódás fenyegeti a Tone Sap-tavat, a Faguibine-tó (Mali) egykori medrének nagyobb részén már gazdálkodnak. A példákat hosszan sorolhatnánk. Igaz, hogy a tavak élete a geológiai időt számolva nagyon rövid, és az utóbbi fél évszázad emberi beavatkozásaitól függetlenül is sok eltűnt volna. A Goose-tó (USA) és a környezetében levő tavak már hosszabb idő óta nedvesebb időszakban megújulnak, szárazban pedig kiszáradnak. Ez természetes folyamatnak tűnik. A tavak környezetében látható<sup>152</sup> öntözéses gazdálkodás nyomán azonban felmerül, hogy az itteni vízkészlet egy részét a gazdálkodás használja el (még ha felszín alóli kitermelések formájában is), és akár ennek is lehet részleges szerepe a folyamatban.

A tavak környezeti problémái nemcsak a vízkészlet miatti változások miatt alakulhatnak ki, hanem ahogyan az iménti példákból is láttuk, a szennyezés következtében is. Afrika legnagyobb tava, a Viktória-tó esetében például jelenleg három fontos veszélyt látnak: a túlhalászás, a szennyvizek miatti felgyorsult eutrofizáció és az 1950-es évek elején betelepített nílusi sügér élővilágra gyakorolt agresszív hatása. A nílusi sügér jó szándékú, de ökológiailag átgondolatlan betelepítése igazi összetett ökológiai és társadalmi katasztrófát eredményezett<sup>153</sup>. A tó kapcsán további környezeti problémaként az elmúlt bő évtizedben felmerült, hogy a tó kifolyásánál levő vízerőmű (Nalubaale Power Station) megnövelt vízhasználata miatt Uganda is felelős lehet az 1 métert meghaladó vízszint-csökkenésért. A vizsgálatok azonban leginkább a csapadékviszonyok változásában látták a fő okot.

<sup>152</sup> [https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=86358&eoac=image&eoic=related\\_image](https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=86358&eoac=image&eoic=related_image)

<sup>153</sup> A problémáról 2004-ben egy hosszú dokumentum filmet készítettek „Darvin rémálma” címmel, ami magyar feliratozással is elérhető: <https://www.youtube.com/watch?v=7kWLnT94sdM>

A példákkal arra szeretnénk volna ráirányítani a figyelmet, hogy az ember jó szándékú, de kellően át nem gondolt tevékenységei hatalmas környezeti károkat okozhatnak, és sokszor éppen azok szembesülnek a következményekkel, akik a folyamatot elindították, vagy akik érdekében történtek a beavatkozások. A példák azt is mutatták, hogy az emberi hatások a természetiekkel keveredve esetleg elfedik az ember felelősségét, vagy valamilyen mértékű „felmentést” adnak rá. Ugyanakkor a rendszerszintűen át-gondolt beavatkozások segíthetnek a környezeti katasztrófák mérséklésében, és több-felé már legalább részleges eredmények is felmutathatóak. Ehhez azonban a pénzügyi források mellett erős központi irányítás is elengedhetetlennek látszik.

### Sárga-folyó

A folyóvízi ökoszisztémák szinte mindenhol veszélyeztetettek a nem fenntartható fejlődés és az édesvízi erőforrások túlhasználata miatt. A Föld ötszáz legnagyobb folyójának fele nagyon szennyezett és túlhasznált, van, ahol kiszáradás fenyegeti őket. Az 1990-es évek óta megszorodtak azok a hírek, hogy olyan nagy folyók, mint a Sárga-folyó, a Colorado, a Nílus, a Gangesz az év hosszabb-rövidebb szakaszában már nem érik, vagy nem érték el a tengert.

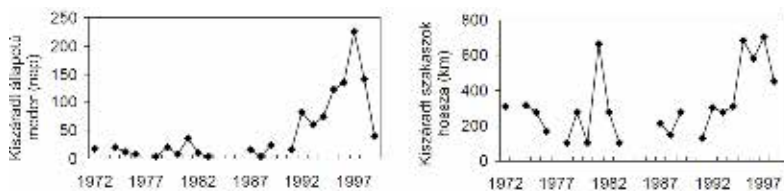
Az 1990-es években a Sárga-folyó vízhiánya többször is a figyelem középpontjába került. A Földünk 6. leghosszabb (5464 km) folyója több évben is néhány száz km hosszan kiszáradt, és így akár száz-kétszáz napon keresztül nem érte el a tengert. A kétes dicsőségű csúcsokat az 1997-es év szolgáltatta, amikor 687 km hosszbán száradt ki, a Li-Jin vízmércénél 227 napig volt száraz a meder és 330 napig nem volt vízfolyás a tenger felé. Ez azonban nem egy szélsőséges év eredménye volt (6.21. ábra). Az előzmények már az 1970-es és 1980-as években is megvoltak, de az 1990-es évtizedben vált általánossá<sup>154</sup>.

A természeti jelenség okait vizsgálva elég nyilvánvaló a társadalmi háttér. 1950-ben a folyó vízgyűjtőjén 0,8 millió hektár mezőgazdasági területet öntöztek, a 2000-es évek elejére ez meghaladta a 7,3 millió hektárt. A mezőgazdasági vízkivételek egyre növekvő ipari vízhasználatokkal és szennyezésekkel párosultak. Bár klimatikus okok miatt a természetes lefolyás is csökkent kissé, de azt a gazdasági célú vízkivételek látványosan megnövelték (6.22. ábra).

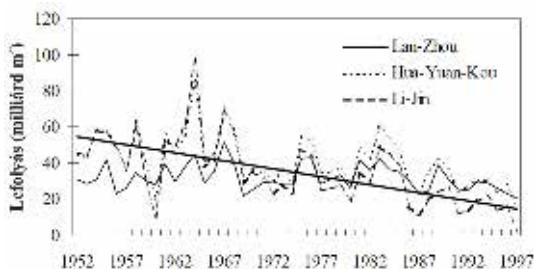
A helyzet a későbbi időben sem javult lényegesen. Egy korabeli értékelés szerint 2003 első hét hónapjában a folyóba jutó 8,2 milliárd m<sup>3</sup> víz 5,5 milliárd m<sup>3</sup>-rel volt kevesebb, mint az 1997-es legrosszabb száraz időszakban, és valószínűleg a legalacsonyabb volt az utóbbi fél évszázadban. Így a lefolyás kevesebb volt, mint az előre jelzett

<sup>154</sup> A korképhez az is hozzá tartozik, hogy Kína korábbi „világtól való elzárkózása” sem adott sok lehetőséget a probléma nemzetközi megismerésére.

vízhasználat. A prognózisok szerint ekkor átlagos csapadékú év esetén 4 milliárd m<sup>3</sup> víziánnyal számoltak 2010-re.



6.21. ábra. A Sárga-folyó kiszáradásának folyamata: a száraz meder időtartama a Li-Jin vízmércénél és a kiszáradt folyószakasz hossza 1972–1999 (Fu et al 2004)



6.22. ábra. A Sárga-folyó mért vízszállítása három vízmércénél 1952–1999 (Fu et al 2004)

Kína az utóbbi évtizedben jelentős lépéseket tett/tesz a kialakult problémák enyhítésére. A 2008-ban megszületett és 2015-ben felülvizsgált törvény a szennyvízkezelés szabályozásával a vízminőség javítását segíti (ha a helyi hatóságok kellő szigorúsággal betartatják azt). Azt azonban, hogy honnan kell előrelépni, jól mutatja egy 2016-os értékelés: a kínai folyók több mint fele túlszennyezett a vízforrásként való felhasználásra, amiért nagyobb részben az ipar a felelős. Csak a Sárga-folyó vizét több ezer petrokémiai üzem veszélyezteti. A folyókból kivett vizek több mint 80 százaléka jelenleg nem biztonságos ivásra vagy fürdésre. A mennyiségi problémák mérséklésére átfogó programok készültek, amelyeknek fő eleme a különböző vízgyűjtők közötti vízátvétel (ezeknek azonban mind környezeti, mind társadalmi kockázata lehet).

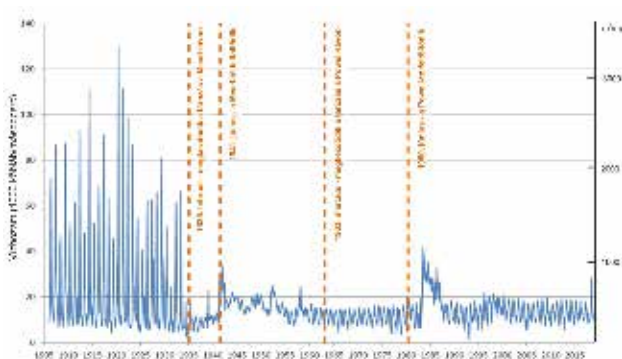
### Colorado-folyó

A Colorado esetében a vízkészletekbe való hatékony emberi beavatkozás és a klímaváltozás hatása időben jelentősen szétválík. Ezért lehet az, hogy az elmúlt évtizedek



kutatásai jóval nagyobb szerepet adnak az utóbbinak, sőt gyakran meg is felejtkeznek az előbbiről. Pedig, ha a bő száz éves lefolyási adatsorokat vizsgáljuk, akkor megállapíthatjuk, hogy a két legjelentősebb gát megépítésével (összesen 14 gát létesült a folyón) az 1960-as évek közepe óta a folyó természetes változásaiból alig láthatunk valamit. A nagy gátakhoz kapcsolódó tározók az árvizek vízének nagyobb részét képesek visszatartani, így a 20. század első harmadában kialakult árvízi lefolyások csúcsértékei harmadára, negyedére csökkentek (2500-3700 m<sup>3</sup>/sec-ról 800-1100 m<sup>3</sup>/sec-ra) az utóbbi 80 évben (6.23. ábra). Az éves teljes lefolyás pedig azt is mutatja, hogy nem csak fényképek sokasága tanúskodik a Colorado deltájának rendszeres kiszáradásáról, hanem több év nullához közeli lefolyási értéke is (6.24. ábra).<sup>155</sup>

A duzzasztók az éven belüli egyenetlen lefolyást közel egyenletes értékkel képesek alakítani, ezzel biztonságosabb vízellátást biztosítanak. Erre alapozva fejlett öntözéses mezőgazdaság létesült, és alig száz év alatt 2 milliós várossá nőtt a sivatagban Las Vegas. Bár a város vízfelhasználása az utóbbi másfél évtizedben kényszerűségből kb. 2/3-ára csökkent, fennmaradását csak a két nagy gát biztosítja.



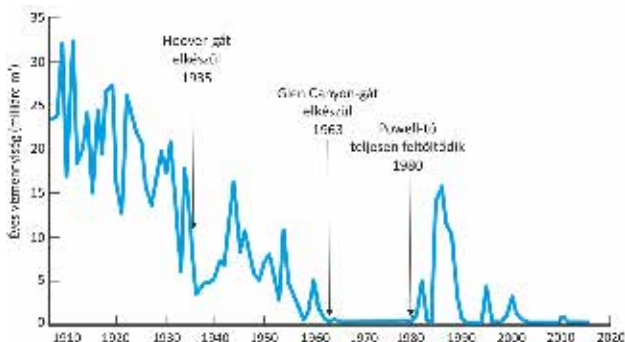
6.23. ábra. A Colorado vízhozamának változása a Hoover-gátnál 1906–2017  
(Forrás: USBR<sup>156</sup> alapján kiegészítve)

Napjainkban a Colorado folyótól mintegy 40 millió ember vízellátása függ. Egy néhány éve készült tanulmány kimutatta, hogy a klímaváltozás hatására a rendelkezésre álló vízkészlet csak a 20. századi érték 80%-a körül alakul. A tartós száraz időszakok

<sup>155</sup> Az utóbbi években társadalmi mozgalom bontakozott ki a folyó deltájának „felélesztésére”: [https://ng.hu/fold/2014/04/04/a\\_colorado\\_deltajanak\\_ujjaeledese/](https://ng.hu/fold/2014/04/04/a_colorado_deltajanak_ujjaeledese/) ami a vízmennyiség alapján inkább szimbolikusnak tekinthető.

<sup>156</sup> Az ábra elérhetősége: <https://www.usbr.gov/lc/region/g4000/fbhd.pdf>, a 2017-es adatok forrása USGS Water Resources.

követik egymást. A folyó vízkészlete túlhasznált. Már annak is hírértéke van, ha a folyó eléri az óceánt.<sup>157</sup> A települések és a mezőgazdaság (ami jelenleg a készletek 70%-át használja) versenyezni kényszerülnek egymással a vízéért.



6.24. ábra. A Colorado éves lefolyási értéke 1905–2016  
(Forrás: Miller – Spoolman 2012, kiegészítve az USGS adatai alapján)

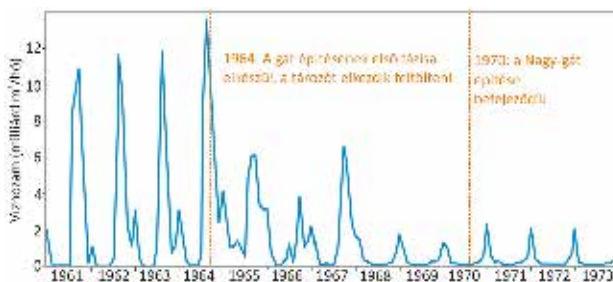
## Nílus

A történelmi tanulmányainkból ismerjük, hogy egykor a Nílus áradásainak hordalékával termékennyé tette a folyó menti területeket, és biztonságos élelemforrást biztosított az ott élőknek. A növekvő népesség, majd a hajózás és a gyapottermelés biztonsága miatt szükségessé vált, hogy a szélsőséges vízhozamú folyó áradásainak vizeit megpróbálják visszatartani. Először a 19. század közepén a folyó torkolata közelében építettek kisebb gátakat, majd a 20. század első felében több gát építésére is sor került. A század elején megépített, majd kétszer tovább épített (rég) Asszuáni-gáthoz már vízienergiát hasznosító erőmű is kapcsolódott (345 MW). Az 1953-ban függetlenné váló Egyiptomnak több villamos energiára és vízre volt szüksége, ez vezetett az új Asszuáni-gát megépítéséhez. A gát építésével 2100 MW villamosenergia kapacitáshoz jutott az ország, de egyúttal a visszaduzzasztott folyón létesített Nasszer-tó<sup>158</sup> feltöltése és a duzzasztó üzembe állítása után gyökeresen megváltozott a folyó vízszállítása. Az éves árvízi csúcsok lényegében eltűntek, a folyó vízjárása egyenletesebb lett (alacsonyabb vízhozammal), a vízigényekhez igazodva viszont a maximális vízszállítás 1-2 hónappal korábbra került (6.25. ábra).

<sup>157</sup> <http://www.kpbs.org/news/2018/feb/19/few-weeks-colorado-river-reached-ocean-will-it-hap/>

<sup>158</sup> A tározó kapacitására 132-169 km<sup>3</sup> közötti adatokat találhatunk, és ezzel a Földünk 3-6. legnagyobb tározója.

A folyó vízszállításának gyökeres megváltozása több környezeti problémát is okozott: a tápanyagokban gazdag hordalék nem jut el áradásokkor a földekre (a tóban ülepedik le) és a kevesebb táplálék miatt a deltavidék halállománya is csökkent, a kisebb vízhozamok miatt a folyó torkolatvidékén a Földközi tenger benyomuló sós vize elszikesíti a talajokat, a folyóba kerülő szennyeződések pedig nem tudnak felhígulni. A biztonságosabb vízellátásnak tehát már rövidebb időtávon is komoly környezeti ára van.



6.25. ábra. A Nílus vízszállításának változása az Asszuáni gát hatására 1961–1973  
(Forrás: Saraf El Din 1977 felhasználásával<sup>159</sup>)

### *Mekong (Lancang), a környezeti csapdák folyója*

A 4763 km hosszú Mekong a Földünk 9. leghosszabb folyója<sup>160</sup>. Bár sokan Vietnám folyójának tartják, valójában hat ország „osztózik” rajta. A hosszának felét kitevő Felső-Mekong Kína területén folyik, és csupán az alsó 200 km-es szakasza tartozik Vietnámmal. A térség csapadékeloszlását alapvetően meghatározó monszun hatás miatt a vízszállítása nagy szélsőséget mutat (átlagos vízhozam 16 ezer m<sup>3</sup>/mp, a maximális 39 ezer, a minimális pedig 1400 m<sup>3</sup>/mp). Az Alsó-Mekong vidékét az 1980-as évek végéig komoly társadalmi krízisek sújtották (a vietnámi háború vége 1975-ben, a kambodzsai polgárháború/népirtás 1989-ig). Az utóbbi évtizedek nyugodtabb élete gyors népesség növekedéssel, számottevő gazdasági fejlődéssel járt. Ezek azonban a környezeti konfliktusok sorozatát is magukkal hozták, ráadásul a társadalmi okok természeti okokkal is társulnak, amik nem, vagy alig megoldható problémákat eredményeznek.

<sup>159</sup> A tanulmány elérhető: <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.4319/lo.1977.22.2.0194>

<sup>160</sup> A legutóbbi időig a folyó hosszát 4350 km-nek határozták meg, azonban a Mekong Bizottság friss megállapítása szerint a helyes érték 4763 km. Így a folyó a 9. helyre került a korábbi 12-ről. Lásd: <http://www.mrcmekong.org/news-and-events/events/mrc-secretariat-affirms-mekong-basin-size-length/>

Jelenleg mintegy 70 millió fő élete függ a Mekongtól, akiknek élelmet és (lehetőleg tiszta) energiát kell biztosítani. Ennek következményeként az utóbbi három évtizedben felgyorsult a még meglevő erdőállomány irtása a vízgyűjtőn, a folyón pedig vízierőművek sora létesült, és épül a jövőben (6.26. ábra). Kína területén, a Mekongon 1995-től üzemelnek jelentős kapacitású erőművek (2019-ben 9 db, közülük 6 meghaladja az ezer MW-ot, és 2-3 éven belül további 4 üzembe állítása várható<sup>[61]</sup>).



6.26. ábra: A Mekong vízerőműveinek térképe  
(Forrás: International Rivers<sup>162</sup> )

A folyó laoszi szakaszán két erőmű van előrehaladott készülségi állapotban és további 7 létesítésével számolnak. Emellett Laoszban a mellékfolyókon a 2020-as évek elejéig kb. 50 közepes méretű vízi erőmű építésével számolnak, ezek fele 2019-ben már

<sup>161</sup> Egy jelenleg elérhető terv szerint Kínában összesen több mint húsz erőművet építenek a Mekongon (kínai néven Lancang); [https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1lN8xtZFkg4b0H-stR3\\_TcWgpLXTA&msa=0&ie=UTF8&t=m&ll=28.132131637905136%2C99.8769499999999&sp=6.578655%2C9.536133&source=embed&z=6](https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1lN8xtZFkg4b0H-stR3_TcWgpLXTA&msa=0&ie=UTF8&t=m&ll=28.132131637905136%2C99.8769499999999&sp=6.578655%2C9.536133&source=embed&z=6)

<sup>162</sup> [https://www.internationalrivers.org/sites/default/files/attached-files/lower\\_mekong\\_dams\\_map\\_june2017.jpg](https://www.internationalrivers.org/sites/default/files/attached-files/lower_mekong_dams_map_june2017.jpg)

üzemelt. A vízrendszer folyóin Kambodzsában, Vietnámban és Thaiföldön összesen kb. húsz kisebb erőmű üzemel vagy van készülében. Ezek az energetikai beruházások azonban jelentősen megváltoztatják a Mekong vízjárását, hordalékszállítását, alapvetően befolyásolják az élővilág életterét. Ez különösen a régió népelelmzésében meghatározó szerepet játszó halállományra jelent veszélyt, de például a laoszi Sahong-gát létesítésével a csak itt élő kúposfejű delfin utolsó élőhelyét veszélyeztetik.

A túlzott vízhasználat, a folyóba kerülő szennyvizek különösen a száraz évszakban jelentenek problémát. Ilyenkor a rossz vízminőség korlátozza a régió hasznosítható vízmennyiségét.

A mezőgazdasági és akvakultúra fejlesztési tevékenységekhez jelentős földterületet foglalnak el. Emiatt természetes tavak és lagúnák területe semmisült meg. Az öntözött területekről és az akvakultúrás tavakból rengeteg szennyezés kerül a természetes vizekbe. A rövid távú gondolkodásnak számos mangrove erdő is áldozatul esett, pedig ezek – biológiai szerepükön túl – fontos fizikai védelmet is jelentettek az alacsony tengerparti területeken a tengervíz eróziójával szemben.

A vietnami Mekong delta a világ egyik legtermékenyebb mezőgazdasági területe, globális jelentőségű a rizs, a garnélarák és egyes gyümölcsök exportjában, azonban olyan síkság, amely az éghajlatváltozás szempontjából különösen érzékeny mind az esős, mind a száraz időszakokban. A jelenleg tapasztalható éghajlatváltozás súlyosabbá teszi az extrém időjárási eseményeket. Az elmúlt évek egyik legerősebb El Nino jelensége 2015-2016-ban, a Mekong deltában nagy aszályjal járt, s ennek során a tengervíz nagy távolságú sóbehatolást okozott (6.27. ábra). A folyódelta rizstermelésben legtermékenyebb részén, Long Xuyen környékén (a Long Xuyen – Chau Doc – Ha Tien – Rach Gia négyszögben), februárban és márciusban a rizsre káros 4-5%-os sókoncentrációt a szárazföldön 5-10 km távolságig is mérni lehetett, ami súlyos károkat okozott a mezőgazdaságnak, különösen a rizstermelésnek.

A Mekong árvízszeszona júniustól novemberig tart, a vízgyűjtő éves vízmennyiségének 90%-a ekkor keletkezik. A nagy tájfunok vagy trópusi viharok hatására jelentős mennyiségű csapadék esik nagy területen (akár több száz mm/nap), s az így kialakult nagy árvizek már ma is erősen romboló hatásúak, de a klímaváltozás hatására még rosszabb helyzet várható. A *Mekong Bizottság* jelentése szerint az Alsó-Mekong országai<sup>163</sup> a világ éghajlatváltozásra legérzékenyebb területei közé tartoznak. Az előrejelzések szerint 2030-ra a hőmérséklet mintegy 0,8 °C-kal emelkedik, az évi csapadékmennyisége 200 mm-rel (13,5%-kal) nő, de a száraz időszakban térben nagyon egyenlőtlenül változik (emelkedik az északi régióban, és csökken a vízgyűjtő déli részén). A folyó évi vízhozama várhatóan 21%-kal nő, és az árvizek gyakorisága

<sup>163</sup> Ide a Kínán kívüli Mekong melletti országokat sorolják

a vízgyűjtő teljes területén növekszik, de a legrosszabb hatást a folyó alsó szakaszán, azaz a vietnami Mekong delta területén okozza. Ez a világtenger szintjének növekedésével együtt különösen súlyosan érinti Vietnám sűrűn lakott részeit. A világ klímaváltozástól leginkább veszélyeztetett tíz nagyvárosa közé számító Ho Si Minh város népessége például az utóbbi negyedszázadban megduplázódott, és – az Ázsiai Fejlesztési Bank előrejelzése szerint – a 2050 tájára várható 26 cm-es tengerszint emelkedés a város közel 70%-át is érintheti, óriási anyagi károkat okozva. A vietnami Természeti Erőforrások és Környezetvédelmi Minisztérium 2016-os értékelése szerint, ha a későbbiekben a tengervíz szintje 100 cm-rel emelkedik, a Mekong-delta területének mintegy 38,9%-a elárasztásra kerül.



6.27. ábra: A sóbehatolás mértéke a Mekong-deltában a 2016-os szárazidőszakban  
(Forrás: Vietnámi Meteorológiai, Hidrológiai és Klímaváltozási Intézet)

Az elmúlt években a Mekong delta árvizei azt mutatják, hogy nem csupán a jelentős árvizek veszélyeztetik a területet, de már a kis árvizek is sok veszteséget okozhatnak, például csökken a folyó halállománya, vagy alluvális lerakódások képződnek.

A folyó mentén élők számára fontos lenne, ha a hat ország közösen alakítaná ki a vízgazdálkodási stratégiáját. Erre azonban alig van remény. A Mekong felső folyásán levő Kína nem vesz részt a Mekong Bizottság munkájában. Földrajzi helyzetét, gazdasági lehetőségeit kihasználva igen gyors fejlesztéseket végez, katonai ereje pedig kellő elrettentő erőt jelent döntéseinek megvédésében. Így a vízgyűjtő alsó részén levő országok kénytelenek nemcsak elfogadni (eltűrni) a felső szakaszon végzett beavatkozásokat, de anyagi forrásaik szűkössége miatt még gazdasági segítséget is kér-

ni Kínától saját fejlesztéseikhez, amivel mintegy tudomásul is veszik a folyón végzett beavatkozásokat.

Összességében tehát a Mekong folyó esetében már ma is tapasztalható, hogy a természeti hatások és a társadalmi beavatkozások összessége egymást erősítő, kedvezőtlen következményekkel jár. A változásokban a gazdasági ágazatok és az országok, térségek sokszor ellenérdekeltek, de a legkedvezőtlenebb helyzetben a deltavidék van. A természetvédők szerint egy ilyen helyzetben előfordulhat, hogy hosszabb távon nagyobb lesz a népelelmezésben kulcsfontosságú halászat vesztesége, mint az energia-termelés nyeresége.

### 6.1.3. Víz tárolók és nagy gátak

A bemutatott folyók példája jól mutatja, hogy a szárazföldre hulló csapadék minél nagyobb mértékű hasznosítására akkor van lehetőség, ha a folyók áradásakor lefolyó vizeket nagyobb arányban vissza tudjuk tartani. Igaz ennek – ahogyan láttuk az előzőekben – jelentős környezeti következményei vannak (szennyezések feldúsulása, a folyók alsó szakaszán a kisebb vízmennyiség miatt a hordalék lerakódása, a halászat eredményességének romlása, a sós tengervíz benyomulása a folyótorkolatok vidékén, illetve a kisvizek esetén visszatérően jelentkező vízhiányok).

2018 elején mintegy 59 ezer gátat tartottak nyilván (ezek közül kb. 8600 volt nagy gát<sup>164</sup>), együttes kapacitásuk 16201 km<sup>3</sup>, ami az éves megújuló vízkészlet 35%-ának felel meg. Legtöbb gát Kínában (23900 db), az USA-ban (9300), Indiában (5100) és Japánban (3100) található, de további 33 országban van még száznál több ilyen építmény. A gátak többsége az öntözést (20500), az energiatermelést (9700), a vízellátást (7700) és az árvízvédelmet (7300) szolgálja.

A víztározók több fajta hasznosítása logikusnak tűnhet, azonban ez számos konfliktus forrása is. A World Resources Institute 2018. januári elemzése alapján<sup>165</sup> példaként említhetjük, hogy az India villamos energia termelésének 90%-át biztosító hőerőművek 40%-a vízhiányos területen üzemel, azért kritikus időszakokban leállásra kényszerülnek, így kihasználtságuk 21%-kal romlott. A kényszerű leállások miatti kárt négy év alatt 1,4 milliárd dollárra becsülték. A növekvő energiaigény miatt ugyanakkor 2011–2016 között az erőművek vízigénye 43%-kal nőtt, és a következő évtizedben továbbra is növekszik.

<sup>164</sup> Nagy gát az, ami legalább 15 méter magas és 3 millió m<sup>3</sup> vizet tud tárolni. A következő évtizedekben több, mint 3000 ilyen építését tervezik.

<sup>165</sup> <http://www.wri.org/sites/default/files/parched-power-india-0130.pdf>

A víztározók létesítése komoly környezeti veszélyhelyzetet is jelenthet. Legismertebb példája a Vajont-gát (Olaszország) katasztrófája 1963-ban, ami több, mint kétezer halálos áldozattal járt. 1959-ben a Malpasset Dam (Franciaország) gátszakadása 423 fő halálát okozta. Komoly műszaki gondok vannak a Földünk legnagyobb víztározójával rendelkező Kariba-gátnál (Zimbabwe és Zambia). 2007-ben az Irakban levő Moszuli gáttal kapcsolatban is komoly tervezési problémákról írtak. De a nagy gátak a természeti erők pusztítása nyomán is nagy veszélyt jelenthetnek. A 2008-as szecsuáni földrengéskor több gát került olyan helyzetbe, hogy több, mint egy millió embert kellett kitelepíteni miattuk. 2017 szeptemberében a Maria hurrikán Puerto Ricóban a Guajataca folyón létesített gátnál okozott majdnem végzetes katasztrófát. Ezek a kiragadott példák is mutatják, hogy a vízkészletek megőrzése jelentős közvetlen veszélyt is jelenthet, de egyéb környezeti hatása is lehet (pl. másodlagos szikesedés, változó élővilág).

#### 6.1.4. A vízszennyezés, mint vízhasználatot korlátozó tényező

A rendelkezésre álló szűkös édesvíz-készleteket azok elszennyezésével az emberiség maga is csökkenti. A vízszennyezés problémáját vízen úszó szemét, bűzös csatornák, elburjánzó vízi növényzet, stb formájában szinte mindenki, így a jelen kötet szerzője is ismeri. Mégis meglepetésként ért, amikor 2004-ben egy Amazonas menti őserdőbe induló túráng során indián vezetőnk az egyhetes útra elegendő zacskós vízről gondoskodott. Ezzel is alátámasztotta azt, hogy napjainkban már a háborítatlan, iparral és intenzív mezőgazdasággal nem érintett, vízbő területeken sem lehet biztonsággal egészséges ivóvízhez jutni.

Korábban már utaltunk rá, hogy az ipar évente sok nehézfémeket, mérgező anyagot juttat a felszíni vizekbe, a mezőgazdaság pedig nemcsak a legnagyobb víz felhasználó, de annak szennyezéséért is legalább 70%-ban felelős. A szennyezett víz számos betegség okozója (évente legalább félmillió halálesetet okozva<sup>166</sup>), de elszegényíti a vizes élőhelyeket, sok faj kipusztulását is eredményezve. Egykoron az ellenség elleni harc hatékony eszköze volt a kutak megmérgezése, napjainkban azonban az emberiség akarától függetlenül vette át ezt az eszközt – s gyakorlatilag önmaga ellen fordítja – számos példa mutatja, „elég jó eredménnyel”. Sokszor csak évekkel, évtizedekkel később fedezik fel egy-egy probléma igazi okát.

<sup>166</sup> A korábbi években még évi több millió halálesetet tulajdonítottak a szennyezett víznek, a WHO 2018. februári összegzésében 502 ezerrel számolt. <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>



A modern ipari környezetszennyezés egyik legsúlyosabb, vízhez kapcsolódó katasztrofája az ún. Minamata-ügy volt. Az 1950-es évek elején Japán egy kis falujában, Minamatában tömegesen tapasztaltak idegrendszeri elváltozásokat, születési rendellenességeket, amelyről kiderült, hogy higanymérgezésre vezethető vissza. Feltárták, hogy egy műanyagokat előállító vegyi gyár katalizátorként higanytartalmú vegyületet használt. Azt gondolták, hogy a vízben rosszul oldódó higany-szulfát a tengerbe vezetve az üledékben „örökre” eltemetődik. Nem számoltak azonban azzal, hogy az üledékben található baktériumok elbonthatják azt. A folyamat során erősen toxikus metil-higany képződött, ami ugyan csak nagyon alacsony koncentrációban volt a vízben, de tulajdonságai alapján feldőszult a táplálékláncban: előbb a halak és kagylók, majd az azokat elfogyasztó emberek szervezetében. Több ezren betegedtek meg, és legalább 1700 haláleset is bekövetkezett. A halhúsban felhalmozódott a higany, és még 15 év múlva is mérgezést okozott, ezért 1974-ben védőhálóval zárták el az öblöt a halak elől. (A szennyezés után negyven évvel lett újra megfelelő minőségű a víz, s az 1990-es évek vége felé felszedték a védőhálót.) A Minamata-ügy ugyanakkor felhívta az Egészségügyi Világszervezet (WHO) figyelmét a mikroszennyezőkre, s ennek hatására készítették el az ilyen veszélyes anyagok listáját (nehézfémek, DDT, PCB, PAH stb.). Ugyancsak Japánhoz kötődik egy másik nehézfém, a kadmium által kiváltott környezetszennyezés. A Kamiska bányavidékről a Jintsu folyó által elvezetett, nehézfémeket (Pb, Zn, Cd) is tartalmazó vizet rizsföldek öntözésére használták. A kadmium így került a táplálékláncba, később súlyos csontelváltozásokat okozva. A betegség során a csontok elvesztették tartásukat, szinte öszszeroppantak. A fájdalom során a betegek jajgattak, ezért a kór az „itai-itai” nevet kapta (a jajgatás japán megfelelője után). A betegséget főként idősebb, többgyerekes nők kapták meg.

Bár emberéleteket nem veszélyeztetett, mégis az egyik legjelentősebb folyóvizekhez kapcsolódó vízszennyezési katasztrófa az 1986. novemberi, Rajnát ért szennyezés. A folyó az 1970-es évekig „rangos helyet vívott ki magának” a legszennyezettebb folyók rangsorában, azonban hatékony nemzetközi megegyezéssel vízminőségét az 1980-as évekre sikerült normalizálni. Ekkor következett be egy svájci vegyipari nagyvállalatnál (Sandoz, Bázél) egy olyan tüzeset, amelynek oltása során (a levegőbe jutott szennyezéseken túl) mintegy 30 tonna mezőgazdasági vegyszer és higanytartalmú vegyület (kb. 200 kg-nyi higany) került a folyóba. A mérgezés hatására sok száz tonna hal pusztult el, de a szennyezéssel leginkább sújtott Baden-Württembergben a vízi élővilág 80%-a megsemmisült, a torkolat közelébe jutva azonban már jelentősen felhígult a szennyezés, így ott kevesebb kárt okozott. A különböző mezőgazdasági vegyszerek rövidebb-hosszabb idő alatt lebomlottak, igazi tartós veszélynek így a szervezetekben akkumulálódó higanyt tartották. 1987-ben újabb Rajna-akcióterv indult a folyó vízminőségének javítására. Az utóbbi évtizedekben Kína több folyóját is érintették ipari balesetekből származó komolyabb szennyezések.

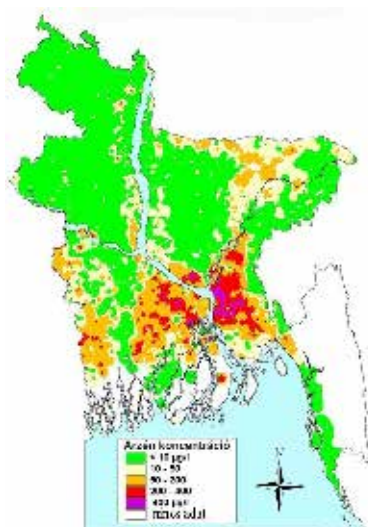
A felszíni vizekhez kapcsolódó vízszennyezési példák sorában előkelő helyre kívánczik a Tiszát ért 2000-es cianid-szennyezés. A szennyezés a Nagybánya (Románia) környéki bányavidekről indult, ahol egy ausztrál-román érdekeltségű cég, a kisebb fémtartalom miatt korábban meddőként felhalmozott anyagból cianidos feltárással színesfémeket nyert ki. A kellő körültekintés nélkül elhelyezett, erősen szennyezett zagy egy jelentősebb csapadék hatására elszabadult a tárolóból, és a folyókba jutva jelentős kárt okozott a folyók élővilágában – a megfelelő tájékoztatás miatt emberi életet nem veszélyeztetett. A helyzet komolyságát mutatja, hogy az összesen 105-110 tonna cianid a becslések szerint akár sok millió ember elpusztításához is elegendő lett volna.

Világszerte komoly problémákat okoz az, hogy a szennyvizek tisztítása és biztonságos elhelyezése helyett sok helyen csak elszivárogtatják azokat. Ha felszín közelében vízzáró kőzetek is találhatók, akkor a szennyezés csak lassan jut a mélybe, és inkább csak a felszín közeli talajvizet szennyezi el. Vannak azonban elrettentő példák is. Mexikóban a Yucatán-félsziget erősen karsztosodott mészkő felszínén található az egymillióhoz közelítő lakosságú Merida. Kellő csatornázottság hiányában a házakból elvezetett szennyvíz szinte akadálytalanul jutott el a korábban kiváló minőségű karsztvízbe, gyakorlatilag használhatatlanná téve azt. Merida problémája nem egyedi, de látványosan mutatja a kör bezárulását. A csatornázottság alacsony szintje, a szennyvíztisztítás hiányossága számos országban csökkenti a felhasználható vízkészletet nemcsak a nagyvárosokban, de a vidéki területeken még inkább.

Minden évben több száz km<sup>3</sup> emberi hulladék kerül a folyókba, tavakba. Ahhoz, hogy ezeket a vizeket ismét használni tudjuk, további 6 ezer km<sup>3</sup> tiszta vízre lenne szükségünk. Ha a szennyezés mértéke folytatódik, a vízkészletek csak a szennyezések elszállítására lesznek elegendőek. Különösen elszomorító a helyzet a fejletlen országokban, ahol a kommunális szennyvíz 90%, az ipari pedig 75%-ban tisztítatlanul kerül a vizekbe. *Ázsiában minden folyó igen szennyezett*, mivel azok keresztülfolynak a városokon. Csupán a Föld két legnagyobb hozamú folyama, az Amazonas és a Kongó az, amelyeknek vize viszonylagosan egészségesnek tekinthető.

A felszíni vizek elszennyeződése miatt egyre inkább az emberi szennyeződésektől mentes felszín alatti vizek használatára is sor került. Sokáig ennek minőségi problémájára kevésbé figyeltek, főként a szegényebb, nagy népességű országokban. A felszínalatti vizek azonban természetes okok miatt is lehetnek szennyezettek. Az ezredforduló táján DK-Ázsia több térsége egy új problémával szembesült. A „biztonságos” ivóvíz-ellátási program során létesített (általában 200 méternél sekélyebb) kutak azonban nagymértékben – természetes módon – arzéntől szennyezett vizeket termeltek. Bár az első jelzések már 1983 táján jelentkeztek Nyugat-Bengáliában (India), ahol legalább 200 ezer arzénmérgezéses gyanú merült fel, az ügy mégis csak 2002 táján került reflektorfénybe. Ekkor derült ki ugyanis, hogy Banglades lakosságának jelentős része (akár 35-77 millió fő) is érintett lehet a mérgezésben. A halálesetek mellett legalább százezren

szenvednek a mérgezéssel összefüggő bőrelváltozásokban. „*Arzén a vízcsapban*”, ez volt a címe egy 2003-ban készült értékelésnek – teljes joggal. Az elemzések feltárták ugyanis, hogy a WHO által javasolt 10 µg/l-es határérték helyett nagy területeken 200 µg/l-t meghaladó arzénos vizek is vannak (6.28. ábra). A problémát fokozza, hogy sok olyan kút, amely korábban nem volt arzénos (és a korábbiak kiváltására vették használatba) szintén mérgezetté vált. 2016-ban még mindig legalább 20 millióan fogyasztották a bengáliai deltavidéken a szennyezett vizet, és évente 43 ezerre becsülik a mérgezéshez köthető halálesetek számát. Vélhetően ez a legnagyobb mérgezés az emberiség történetében. A gyorsan elvégzett áttekintő vizsgálatok azonban még súlyosabb gondokat is felszínre hoztak: kiderült, hogy a Himalája egész előtere, Észak-India és Nepál, de valójában minden kontinens érintett a problémában.



6.28. ábra. A 150 méternél sekélyebb felszín alatti vizek arzéntartalma Bangladesben<sup>167</sup>

Miután a Föld közelebbi és távolabbi tájain (Kína, Thaiföld, Tajvan, Argentína, Chile, Mexikó, az USA, Magyarország) szintén problémát okoz a *felszín alatti vizek magas arzéntartalma*, ez már *globálisan is problémát jelent*.<sup>168</sup> Banglades helyzete ugyan-

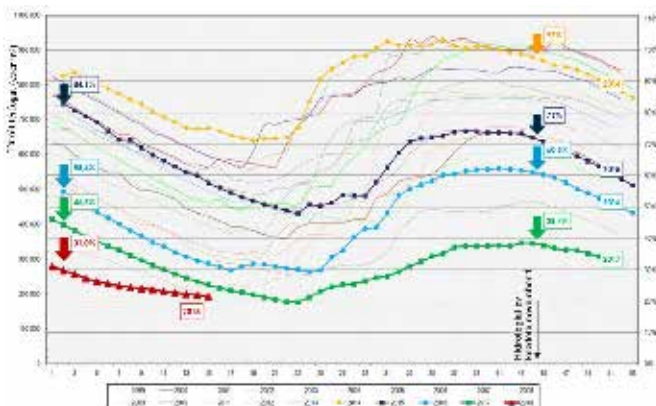
<sup>167</sup> A térkép forrása: <https://www.geog.cam.ac.uk/research/projects/arsenic/bangladesh1-small.jpg>

<sup>168</sup> A [http://www.mdpi.com/water/water-03-00001/article\\_deploy/html/images/water-03-00001-g002.png](http://www.mdpi.com/water/water-03-00001/article_deploy/html/images/water-03-00001-g002.png) címen található térkép az arzénos vizek által potenciálisan érintett lakosság helyét és nagyságát is mutatja.

akkor arra is felhívja a figyelmet, mennyire kiszolgáltatottak a szegény országok a környezeti kérdésekben. Megfelelő környezetvédelmi szervezet, műszerek és szabályozás hiányában nem képesek a lakosság biztonságos vízellátását megoldani. A rövid és a hosszú távú érdekek is keverednek: a fertőzött felszíni vizektől kapható gyors lefolyású betegségek helyett, a felszín alatti vizekből származó lassú megbetegedést kénytelenek „választani” (hiszen a korábban említett 200 ezer arzénmérgezéses beteg is kevés volt arra, hogy húsz év alatt a problémát érdemben meg tudják oldani).

### 6.1.5. A vízkrízis jelei

Korábban már bemutattuk a Föld édesvíz készleteinek egyenlőtlen eloszlását. Ebből az is látszott, hogy az emberiség jelentős része vízhiányos területeken él. Benjamin Franklin mondásának igazságával, miszerint „amikor a kút kiszárad, akkor ismerjük meg igazi értékét”, egyre többfelé szembesülnek. 2018-as becslések szerint legalább félmilliárd ember él nagyon súlyos vízhiányú területeken, ezért azután szinte természetes, hogy ha beírjuk egy internetes keresőbe a „water crisis” kifejezést, szinte minden évben számos súlyos vízhiányos problémával találkozhatunk. Éppen ezért meg sem kísérelünk ezekről áttekintést adni, mert évről évre újabb területeken jelentkezik a probléma. Csupán néhány kiragadott példával utalunk azok változatosságára.



6.29. ábra. Fokváros víztárolóinak telítettsége az évek során és egy-egy éven belül 1999–2018<sup>169</sup>

<sup>169</sup> Az ábra eredeti forrása: <http://resource.capetown.gov.za/documentcentre/Documents/City%20research%20reports%20and%20review/Water%20Outlook%202018%20-%20Summary.pdf>. A vízszintes skálán a hónapok helyett a hetek vannak jelölve.

Természetesen olyan átfogó információk is sokat mondanak, hogy Indiában közel 80 millió, Pakisztánban 73 millió, Egyiptomban 27 millió, Mexikóban és Szaúd-Arábiában 20-20 millió, Jemenben pedig 18 millió ember szenved vízhiánytól. Sokkal kézzelfoghatóbb azonban a probléma, ha eredendően nem vízhiányosnak tekintett nagyvárosok kiürülő vízvezetékei kerülnek szóba. 2018 elején a dél-afrikai Fokváros kritikus vízhiánya volt az egyik címlaphír a világsajtóban. A tartós szárazság nyomán a víztárolók készletei folyamatosan csökkentek (6.29. ábra), és a vízhiány miatt 2015 februárja és 2018 februárja között már 60%-kal csökkenteni kellett a vízfelhasználást, majd már a vízhasználatok drasztikus korlátozását jelentő „Zero day” várható napját is meghatározták júniusra.



6.30. ábra. Hogyan használjuk fel az 50 literes napi víz fejadagot. Fokváros hivatalos tájékoztatója.<sup>170</sup>

Hogy megértsük Fokváros helyzetét, tudnunk kell, hogy a város nagyobb részben s csapadékos időszakban (általában májustól szeptemberig) a víztárolókban összegyűjtött vízkészletet használja. A 2018-at megelőző 4-5 évben azonban a csapadékos időszakban sem tudtak a tárolók feltöltődni, és a rendelkezésre álló készletek folyamatosan csökkentek. A kevesebb csapadék mellett a vízkrízisnek társadalmi oka is volt: a város lakossága 1995 és 2018 eleje között 2,4 millióról 4,3 millióra nőtt, miközben a

<sup>170</sup> A tájékoztató elérhető: <http://capetowncarnival.com/wp-content/uploads/2018/02/45422-City-of-Cape-Town-50-Litre-Life-campaign-FA-002.jpg>

víztározók kapacitását csak 15%-kal tudták növelni. A vízhiányos helyzetre a lakosságot rendszeres tájékoztatással felkészítették, így pánikhelyzet nem alakult ki. A lakosság információs segítséget is kapott arról is, hogyan lehet célszerűen felhasználni az esetlegesen napi 50 literre csökkentett fejadagot (6.30. ábra). A szakemberek pedig különböző megoldásokkal próbálták javítani a vízmérleget. Például a lakosságot a vízfelhasználás minimalizálására biztatták (ritkábban mossanak, ne húzzák le a wc-t, csak ha annak „nyomás oka van”, minimális ideig zuhanyozzanak, stb.) növelték az újrahasznosított szennyvizek mennyiségét, 2018 közepén pedig új tengervíz sótalánítót állítottak működésbe. Ezek a megoldások természetesen drágábbá is teszik a vizet.

A krízishelyzet az 2018. áprilisi esők nyomán kissé mérséklődött – a Zero day is elmaradt. 2019 tavaszán-nyarán (amikor a víztározók 80%-ig megteltek) már felélelve gondoltak az egy évvel korábbi nehéz helyzetre, de mivel a hosszú távú előrejelzések nem túl biztatóak, a város vezetése és lakossága is gyorsan levonta a tanulságot.<sup>171</sup> Az államigazgatás prioritása lett a vízigény csökkentése. Ennek érdekében szigorú korlátozásokat vezettek be: korlátozták a napi vízhasználatokat (volt ahol ennek érdekében mérőket is telepítettek), megemelték a vízdíjakat, de a sokat fogyasztó háztartásokat bírságozták is, megtiltották az uszodák és szökőkutak feltöltését, az autómossást. De emellett csökkentették a vezetérendszer nyomását (ami kisebb használatot és szállítási veszteséget eredményezett). Ezzel együtt a nehéz időszak hatására a lakosság víztakarékossága is sokat javult. De a kommunális vízhasználat mellett a mezőgazdaság számára is szigorú kvótákat vezettek be. Bár Fokváros átmenetig megmenekült, már 2019 őszén arról jöttek hírek<sup>172</sup>, hogy a Fokvárostól északra és keletre levő tartományok gazdálkodói és lakosai nem tanultak a nagyváros példájából, ami súlyos aszályt okozott.

Fokváros esete előtt 2014-ben Sao Paulo kényszerült jelentős vízkorlátozásra a világvárosok között. 2008-ban Ciprus szigete és Barcelona kényszerült vízimportra. Szinte nincs olyan év, hogy ne olvashatnánk nagyvárosok „segélykiáltásairól”: „La Paz alkalmazkodik a víznélküli világhoz” (2017. febr.), „az indiai szilícium-völgy ember okozta vízhiánnyal szembesült” (2018. márc.), „vonattal szállítanak vizet a szomszédos indiai nagyvárosba” (2019. július), stb. Az okok különbözőek és súlyos helyzetekre utalnak. De a nagyvárosokon túl a világ számos városában rendszeresen kényszerülnek vízkorlátozásokra, csak ezekre kevesebb figyelem irányul.

A víz miatti vészhelyzetek a jövőben is folytatódnak. Ezt mutatja például, hogy a víztározók szintjének vészes csökkenése alapján többfelé újabb „forró pontokat” is sejteni lehet. A World Resources Institute 2018. áprilisban közzétett elemzése<sup>173</sup> több ilyen

<sup>171</sup> <https://www.weforum.org/agenda/2019/08/cape-town-was-90-days-away-from-running-out-of-water-heres-how-it-averted-the-crisis/>

<sup>172</sup> <http://theconversation.com/south-africas-real-water-crisis-not-understanding-whats-needed-126361>

<sup>173</sup> <http://www.wri.org/blog/2018/04/its-not-just-cape-town-4-shrinking-reservoirs-watch>

helyszínre hívja fel a figyelmet. Például az indiai *Sardar Sarovar tározó* vízkészlete – amely mintegy 30 millió ember ivóvizét biztosítja – 1/3-ával csökkent a vízhiány miatt 2017-ben, a marokkói *Al Massira dam*-nál a vízkészlet az utóbbi 3 évben folyamatosan csökkent és alig több, mint 1/3-ra esett (hatása 700 ezer embert érinthet).

Mindezek mellett tanulságos ellentmondásra figyelhettünk fel a 2012–2016 közötti kaliforniai nagy szárazság idején. Miközben a víztározók látványosan kiürültek<sup>174</sup> és az országutaknál figyelmeztető táblák<sup>175</sup> hívják fel a figyelmet a víztakarékoskodásra, addig Palm Springsben a zöld golf pályák, a tele úszómedencék, a szabadidős tavak, valamint a 760 l/fő/nap vízfogyasztás nem a víztakarékoságról árulkodott<sup>176</sup>.

Vannak azonban olyan helyzetek, amikor nem a víz fizikai hiánya, hanem annak minősége okoz vízhiányt. 2007-ben pánikszerű vízfelvásárlási láz tört ki Vuhszi városában, Kína keleti részén, egy nap alatt hatszorosára emelkedett a palackozott víz ára egy szennyezés nyomán. A pánik méreteire jellemző, hogy rövid idő alatt fejadagrendszert kellett bevezetni.

### 6.1.6. A vízválság határán egyensúlyozva: Jordánia

Jordániára, mint a Közel-Kelet politikailag legstabilabb, legbékésebb országára, kedvelt és biztonságos turisztikai célpontra (pl. a világörökség részét képező Petra) gondolnak az emberek. Nem jut eszünkbe, hogy ez az ország a Földünk egyik legvízhiányosabb térsége, ami hosszabb idő óta versenyt fut az elégséges vízellátás érdekében, még annak ellenére is, hogy Petrát 2018 novemberében halálos áldozatokat hozó árvíz sújtotta. De akkor mi is okoz vízproblémát az országban?

Jordánia népessége 1950-ben (az akkor még nagyobb területen) nem érte el a fél-millió főt. Az 1950-es évek során a népesedési ráta 4-7% körül alakult, majd ugyan a természetes gyarodás üteme csökkent, de a háborús események több hullámban is hatalmas menekültáradatot zúdítottak az országra<sup>177</sup>. Bár a jordán népesség természetes növekedése még mindig magas (2,2%), de ennek hatását túlhaladta az országba irányuló migráció. Az ország lakossága 2010 és 2020 között 7,2 millióról 10,3 millióra nőtt. Bö fél évszázad alatt a vízfogyasztás oldaláról tehát több, mint húszszorosára nőtt a népesség (melyből 3,5-4 millió külföldről érkezett). Az egy főre jutó vízfel-

<sup>174</sup> A sok helyen elérhető fényképpárok a változásokat jól mutatják: [https://www.buzzfeed.com/alexnaidus/california-drought-images?utm\\_term=.lvro9ddxe#.wn9rKaaoM](https://www.buzzfeed.com/alexnaidus/california-drought-images?utm_term=.lvro9ddxe#.wn9rKaaoM)

<sup>175</sup> <http://www.kpbs.org/news/2016/dec/16/obama-signs-bill-california-drought/>

<sup>176</sup> Nem a víztakarékoságot dokumentáló fotók helyei: <https://www.ibtimes.co.uk/california-drought-above-aerial-photos-show-need-water-restrictions-arid-state-1496483> vagy: <https://www.reuters.com/news/picture/californias-drought-from-above-idUSRTR4XFEB>

<sup>177</sup> Előbb az arab-izraeli konfliktuskor 1967-ben, majd a 2011 óta tartó szíriai polgárháború, később az iszlám állam térhódítása nyomán Irakból is sokan itt kerestek menedéket.

használás (a számos erőfeszítés ellenére) az 1975-ös 500 m<sup>3</sup>/év értékről 2016-ra már 100 m<sup>3</sup>/év alá esett.



6.31. ábra. A Disi vízszállító rendszer és a tervezett Vörös-tenger–Holt-tenger vízátvétel vázlatos terve (az ábra a Jordán Atlasz<sup>178</sup> alapján készült)

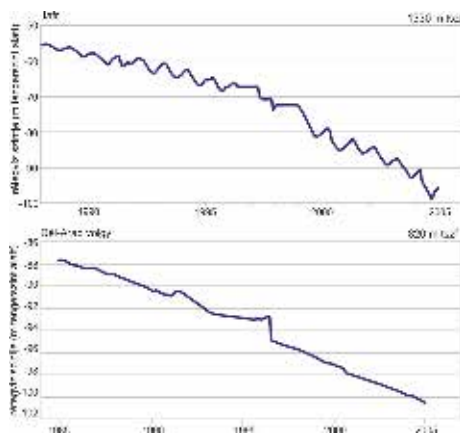
Ha a természeti oldalt vizsgáljuk, akkor látható, hogy az ország adottságai miatt is vízhiányos. A jelenleg közel Magyarországnyi területű (89,3 ezer km<sup>2</sup>) Jordánia<sup>179</sup> klíma szempontjából három részre osztható. Az ország keleti 3/4-e sivatag, jellemzően 100 mm alatti évi csapadékkal, a Holt-tengert is magába foglaló Jordán-árok sivatagi-félsivatagi terület, a csapadék nagyobb részén 120 mm körül alakul (de a Vörös-tenger partján csak 25 mm), a többin pedig a domborzattól függően elérheti a 300 mm-t is. A kettő közötti terület északi és középső részén levő hegyvidéki tájon mediterrán klíma alakult ki, itt él a népesség nagyobb része, azonban a csapadék itt is mérsékelt (az északnyugati részen Irbidben 450 mm, de a főváros Ammanban csak 245 mm). A kevés csapadék miatt az ország alig rendelkezik felszíni vízkészlettel (2018-ban például csak 298 millió m<sup>3</sup> volt, ami a teljes

<sup>178</sup> <https://books.openedition.org/ifpo/5060?lang=de>

<sup>179</sup> Az 1940-es évek végén Jordániához került Ciszjordánia az 1967-es ún. hétnapos háború során izraeli ellenőrzés alá került.



évi vízfelhasználás 27,8%-át adta). Itt kell még megemlítenünk, hogy mivel Izrael a Jordán-folyó vízkészletének jelentős részét elterelte (lásd korábban a Holt-tenger problémáját), a folyó alsó szakaszára csak minimális vízkészlet jut. Mindez azt eredményezi, hogy fokozottan igénybe kell venni a felszín alatti vízkészleteket, ezek azonban több esetben távol vannak a fő fogyasztási helyektől, és készleteiknek számottevő része nem megújuló. 2009–2013 között építették ki azt a 325 km hosszú vízvezetékét, ami a szaúdi határ közeléből szállít évi 100-160 millió m<sup>3</sup> vizet Ammanba és a sivatagi gazdálkodás számára (Disi projekt – 6.31. ábra). Ez a vízpótlás a főváros vízigényének kb. 30%-át biztosítja. Azonban ez csak átmeneti megoldás lehet, hiszen a Disi- és a Jafr-medence egy részének készlete nem megújuló. Ezt bizonyítja, hogy egyes hidrológia egységekben a nyugalmi vízszint az ezredforduló táján 1-2 méterrel is süllyedt évente (6.32. ábra). A felszín alatti készletek szűkössége miatt komoly probléma azok megcsapolása illegális kutakkal, ami ellen a hatóságok megpróbálnak határozottan fellépni.

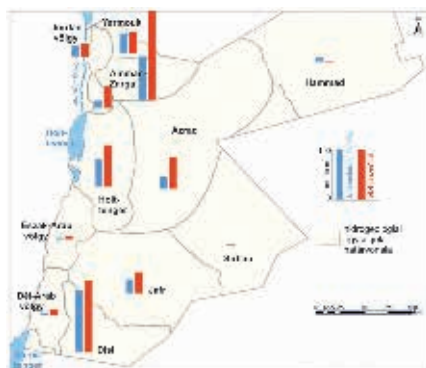


6.32. ábra. A nyugalmi vízszint süllyedése Jordánia két hidrológiai egységében az ezredforduló táján. (Forrás: Salameh 2011)

Jordánia 12 felszín alatti vizet szolgáltató hidrológia egységéből csupán három képes tartósan évi 50 millió m<sup>3</sup>-nél több vizet szolgáltatni, azonban már ezek is jelentősen túl vannak használva (6.33. ábra), azaz többet termelnek ki, mint természetes pótlódás. Az ország megújuló felszín alatti vízkészletét hozzávetőlegesen 275 millió m<sup>3</sup>-re becsülik évente, de például 2018-ban már 454 millió m<sup>3</sup>-t termeltek ki, azaz 65%-kal többet, mint az utánpótlódás.

Az egyre bizonytalanabb felszíni vízmennyiség (lásd korábban a Holt-tenger és a Jordán-folyó problémáját) és a felszín alatti vizek – korlátozott ideig folytatható – ki-

termelésével nyilvánvaló, hogy ezek az elsődleges források mára csak az igények egy-  
re csökkenő részét képesek biztosítani. Éppen ezért elengedhetetlen a szennyvizek  
hasznosítása is (szinte kizárólagosan a mezőgazdaságban – 6.3. táblázat), sőt – újabb  
vízforrásokat keresve – 2017-ben átadták az ország első tengervíz sóatlanító üzemét  
is<sup>180</sup>. A következő három évben végzett fejlesztésekkel 2019 elején már összesen napi  
3500 m<sup>3</sup> víz sómentesítését tudták elvégezni. A vízhiány mértékét látva azonban ez is  
csak csepp a tengerben. Jordánia felismerte, hogy hosszabb időtávon csak a tengervíz  
sóatlanításával tudhatja a növekvő igényeket kielégíteni.



6.33. A valós vízhasználat és az évente biztonságosan kitermelhető felszín alatti vízmennyiségek hidrogeológiai egységenként Jordániában 2017-ben (Forrás: MWI 2019)

Már 2009-ben megfogalmazódott egy Vörös-tenger–Holt-tenger vízszállítási terv (lásd 6.31. ábra), amiről Izrael, Jordánia és a Palesztin hatóság 2013 decemberében már megállapodást is aláírt. A program eredetileg egy 10 milliárd dollárba kerülő, 180 km hosszú vezetékből, sóatlanítókból, vízi erőművekből álló terv volt, ami évente kezdetekben 320 millió m<sup>3</sup>/év kapacitással indult volna, majd 2060-ig ezt 850 millió m<sup>3</sup>/év-re tervezték bővíteni. Ezzel a Holt-tenger csökkenő szintjének megállítása mellett az ország vízellátásán is sokat tudtak volna javítani. 2018 elejére azonban nyilvánvaló lett, hogy Izrael kihátrál ebből a közös programból.<sup>181</sup> Jordánia azonban elkötelezett a program megvalósításában – igaz a változások miatt első lépésként csak 85-100 millió m<sup>3</sup>/év víz sóatlanítását tervezik.

<sup>180</sup> <http://country.eiu.com/article.aspx?articleid=335238617&Country=Jordan&topic=Economy&subtopic=Forecast&subsubtopic=Policy+trends&u=1&pid=311536815&oid=311536815>

<sup>181</sup> Úgy tűnik Izrael közben egy, a Földközi-tengertől kiemelt vízből történő sóatlanítási programot helyez előtérbe: <https://www.timesofisrael.com/sinking-israel-jordan-relations-leave-dead-sea-a-natural-wonder-low-and-dry/>

6.3. táblázat. Jordánia vízfelhasználásának szerkezete (millió m<sup>3</sup>) 2013-ban<sup>182</sup>

Ágazat	Felszíni víz	Megújuló felszín alatti víz	Nem megújuló felszín alatti víz	Tisztított szennyvíz	Összes	Arány (%)
Mezőgazdaság	104	216	34	100	454	53
Háztartások	122	197	34	-	353	42
Ipar	13	20	7	2	42	5
Összes	239	433	75	102	849	100
Arány (%)	28	51	9	12	100	

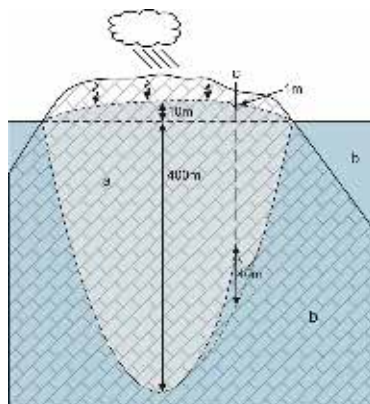
Összegzésként megállapítható, hogy *Jordánia az egy főre jutó vízkészletekben Földünk egyik legszegényebb országa*. A lakosság és annak élelemmel való ellátása érdekében a vízbeszerzés egyre újabb lehetőségeivel próbálkozik – egyre nagyobb népességgel. Nem megsértve az országot (megértve a problémájukat és az erőfeszítéseiket), olyannak tűnik a helyzetük, mintha egy léket kapott, süllyedő hajón újabb és újabb részek keletkeznének, s miközben foltozzák be azokat, egyre többen igyekeznek felkapaszkodni rá.

### 6.1.7. Tengerpartok és szigetek problémája

A felszín alatti édes vizek a tengerparti területeken kapcsolatba kerülnek a tengerek sósabb vizével. A két fajta víz találkozásának fontos gyakorlati jelentősége van. Elkeveredés nélkül a felülről pótlódó édes felszín alatti vizek könnyebb sűrűségük miatt (a jéghegyekhez hasonlóan) mintegy úsznak a sós vízen, úgy, hogy 41 méter magas édesvízoszlop 40 méteres sós vízzel tart egyensúlyt. Egy szigeten az édesvíztest lencséhez hasonló alakú lesz, amely a part felé közeledve elvékonyodik. Az előbbi adatot figyelembe véve, ha a tengerparttól bizonyos távolságra az édesvíz felszíne 10 méteres magasságban alakul ki, akkor annak mintegy 400 méteres édesvíz „gyökere” van (6.34. ábra). Ha az édesvíz pótlódása lecsökken, vagy annak készletét kutakkal megcsapolják, a sós víz elkezd kiszorítani az édesvizet a mélyebb zónában. Ha a vízkitermelés során egy ilyen területen a szivattyúzás 1 méteres depressziót okoz, akkor ott a mélyben 40 méterrel emelkedik az édesvíz-sós víz határa. Éppen ezért minden tengerparti területen fokozottan figyelni kell a felszín alatti édes vizek kitermelésére, mert a gondatlan vízgazdálkodás tönkretelheti a fontos ivóvízkészletet. Ez az oka annak, hogy egyes tengerparti területeken, szigetekken – ahol elegendő mennyiségű csapadék hullik – a csapadékvizeket nem engedik a tengerbe folyni, hanem azt megpróbálják a rétegekbe szivárogtatni. Jó példa erre Szingapúr, ahol az ország területé-

<sup>182</sup> <https://water.fanack.com/jordan/water-use/>

nek 2/3-áról tárolókban összegyűjtik a csapadék (évente kb. 2100-2200 mm) nagyobb részét (6.35. ábra), emellett átfogó vízhasznosítási programot dolgoztak ki. De a világváros vízigénye kielégítése érdekében így is a vízhasználat 25%-a már sótlanított vízből származik, és egy hosszú távú megállapodás keretében naponta közel 1 millió  $\text{m}^3$  vizet importálnak Malaysiából<sup>183</sup> is.

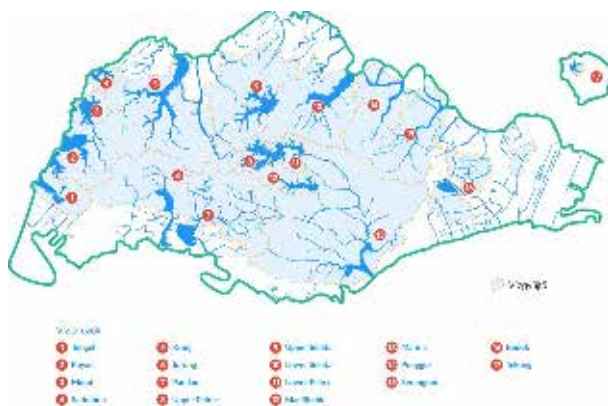


6.34. ábra. Az édesvíz (a) és a sós víz (b) elhelyezkedése, és határuk változása vízkitermelés (c) hatására egy szigeten (sokszorosán túlmagasítással, saját ábra)

Sokkal rosszabb, szinte kilátástalan helyzetben vannak a tengerek melletti száraz sivatagi, félsivatagi területek, ahol a csapadék minimális. Ezeken a területeken az édesvíz kitermelése a felszín alatti víztárolókból kényszer. A következmény viszont szinte elkerülhetetlen – belátható időn belül betör a sós víz a kitermelt víz helyére.

Földünk népességének közel fele függ a tengerparti víztartóktól, ezért a jövő vízgazdálkodása érdekében a sós víz által jelentett veszélyre fokozottan figyelni kell. A problémával foglalkozó cikkek azonban inkább a tengerszint emelkedésének jövőbeli hatásai miatt aggódnak. Tény, hogy ez a folyamat az édesvizek kitermelése nélkül is veszélyt jelent a part melletti készletekre, de hatása sokkal lassabb (a következő száz évben kb. 40 cm-es vízszintszint emelkedés valószínűsíthető), mint a vízkivételek okozta depressziós tölcséré, amivel akár néhány hónap alatt sóssá tehető a vízkészlet. A tengerekbe ömlő folyók sós vízzel való „találkozásának” problémáját a Mekong példáján korábban bemutattuk.

<sup>183</sup> A két ország között egy hosszú távú (jelenleg 2061-ig érvényes) vízszállítási megállapodás van. A jelenlegi viszonyok (a legdélebbi malajziai város, Johor Baru növekvő vízigénye és a 2019 végén felvetődő árvita) kétséges teszik, hogy ez jelenlegi formájában meddig tartható.



6.35. ábra. Szingapúr víztárolói a hozzájuk kapcsolódó vízgyűjtőkkel (Forrás: SNWA<sup>184</sup>)

### 6.1.8. Az árvizek gondja

Az édesvizek hasznosítása során egy furcsa kettősség figyelhető meg: miközben (ahogy a korábbiakban bemutattuk) alapvetően a víz hiánya okoz egyre nagyobb gondot világszerte, addig az időszakos víztöbbletekkel is egyre több a baj (nem ritkán ugyanazokon a területeken).

Az ember évezredekken keresztül együtt élt az árvizekkel. Igyekezett kihasználni azok előnyeit (egyiptomi és mezopotámiai folyó menti kultúrák, vízikerek, vízi szállítás, stb.), s tevékenységében figyelembe vette a természetes változásokat. Amikor azonban egy-egy terület népessége oly mértékben megnőtt, hogy a rendelkezésre álló földterület kevésnek bizonyult, kézenfekvő megoldásnak látszott, hogy a csak időnként hasznosítható árterületeket is birtokba vegyék. A 19. és 20. században szerte a világon jelentős folyószabályozásokat, ármentesítéseket végeztek, ami egyre keservesebbé váló harcot indított el a természet és az ember között. A folyók statisztikailag kevésbé változó vízmennyiségei a beavatkozások nyomán sokkal szűkebb területen kerülnek elvezetésre, amely több nyilvánvaló következménnyel jár:

- a gátak közé szorított folyók magasabb vízállásokkal és gyorsabban vezetik le az árvizeket, ez az egyéb környezeti hatásokkal együtt a gátak rendszeres magasztását teszi szükségessé,

<sup>184</sup> Az ábra elérési helye: <https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/localcatchmentwater>, itt további hasznos információk is találhatóak Szingapúr vízgazdálkodási gyakorlatáról.

- a gyorsabban levonuló vizek kimélyíthetik a medreket, megnövelik a vízhiányos időszakok hosszát, és a vizes területek csökkenésével ökológiai és klimatikus változásokat is okozhatnak, fokozódik az egyébként is növekvő vízhiány,
- az árvízi magasságok növekedése növeli az árvízveszélyt és a veszélyeztetett területek nagyságát,
- a vizek visszatartására épült duzzasztók komoly árvízi kockázatot is jelentenek.

A természeti katasztrófák között az árvizek vezető szerepet töltenek be: a halálos áldozatok feléért és a gazdasági károk harmadáért felelősek annak ellenére, hogy az információk felgyorsulása nyomán egy-egy eseményben ma már jóval kevesebben halnak meg. Az árvizek a fejlett országokban is komoly károkat okoznak. 1995 és 2015 között az árvizek 2,3 milliárd embert érintettek és 157 ezer halálát okozták. Jelentős népességük és a veszélyeztetett területek nagy népsűrűsége miatt India, Banglades és Kína a leginkább érintett országok.

Évente legalább 200-300 számottevő árvízi esemény van. Az árvizek aránylag jól körülhatárolható területekre koncentrálódnak, de hatásaik a fejlettebb és fejletlenebb térségek között másként érvényesülnek: a nagyobb gazdasági károk inkább a fejlettebb országokban jelentkeznek. Például a 2002-es közép-európai árvíz több mint 20 milliárd \$ kárt okozott, és 55 halálos áldozattal járt, a 2000 eleji Afrika déli részére kiterjedő áradássorozat 1 milliárd \$ kárösszegéhez 929 halott és 733 ezer menekült kapcsolódott. A Jangce 1998-as árvíze háromezer áldozat és 14 millió menekült mellett 24 milliárd \$ kárt okozott. 2005-ben a Katrina hurrikán által előidézett áradás során a Mississippi előtttette New Orleans, ami összességében 108 milliárd dollárt meghaladó kárral és 1833 fő halálával járt.

Az árvizek kialakulásában a klimatikus körülmények változása is szerepet kaphat. A gyakorlati tapasztalatok és a különböző klímamodellek is egyre szélsőségesebb csapadékeloszlást mutatnak. Ennek eredményeként egyre gyakoribbak a villámárvizek, amelyek időnként teljesen váratlan területeken pusztítanak. 2018. április végén a Negev sivatagban (Izrael) tíz, de ezzel szinte azonos időben Algériában hat áldozatot követelt a gyors sivatagi áradás. 2015. áprilisában a Földünk egyik legszárazabb sivatagában, az Atacamában lehullott intenzív csapadék árvíze a chilei Copiapo városában közel 30 ezer embert érintett és 29 halálos áldozattal járt<sup>185</sup>. Az erősen vízhiányos Jordániában 2018 októberében és novemberében két villámárvíz 21 és 11 halálos áldozattal járt. A példákat hosszan sorolhatnánk, hiszen több tematikus web-oldal<sup>186</sup> naponta-hetente hasonlókról tud beszámolni.

Alig vitatható az, hogy az árvízi események sokban függenek az időjárási eseményektől, de a társadalomra gyakorolt hatásuk már jelentősen függ az ember tevékeny-

<sup>185</sup> <https://www.theatlantic.com/photo/2015/04/devastating-floods-hit-northern-chile/390024/>

<sup>186</sup> Ilyenek például: <https://watchers.news/category/floods/> vagy <http://floodlist.com/>

ségétől. Azzal, hogy korábban vízjárta területek benépesültek, illetve gazdálkodásba vonják azokat, az ember szinte maga teremti meg a katasztrófák feltételét. Az persze más kérdés, hogy a világ sok táján nincs más választása az ott élőknek, mint kockára tenni életüket, javaikat a napi táplálék megszerzése érdekében.

### 6.1.9. A vízkonfliktusok, „vízháborúk”

Ahogy korábban már láttuk, az emberiség rendelkezésére álló édesvízkészletek mennyisége folyamatosan csökken, ami egyre gyakrabban jelent konfliktus forrást. Ez lehet egy országon belül ágazatok közötti feszültség, vagy akár háborús helyzet oka országok között. Érdekes itt megemlíteni, hogy a rivális szó eredete is a vízproblémához kapcsolódik – olyan személyeket jelöl, akik egy folyóból nyerik a vizet.

Az országon belüli vízmegosztási probléma típuspéldájaként az USA délnyugati területeit említhetjük, ahol a mezőgazdaság és Las Vegas vízellátása próbál osztozni a szűkös vízkészleten. Egy másik fajta közgazdasági szabályozás működik például Omán egyes területein, ahol a vizet árverésen osztják el a gazdálkodók számára. A vízhasználatok igazságos elosztása érdekében Valencia környékén egy hosszú múltra visszatekintő vízbíróság működik<sup>187</sup>. Ausztráliában három szövetségi állam 15 évi tárgyalás után állapodott meg (1989-ben) a Murray-Darling vízgyűjtő készleteinek megosztásáról, lehetővé téve akár a vízkereskedelmet is. A vízmegosztás egy „kényszerített” módja zajlott le Indián belül, ahol Radzsaszthán egy erősen vízhiányos területén a szegényebb parasztok azért nem tudtak tovább öntözni, mert a városokat ellátó kutak olyan mélyre szállították le a felszín alatti vizek szintjét, hogy az már nem volt hasznosítható számukra. A kikényszerített vízmegosztásra keményebb példák is ismertek. A nyugat-afrikai Mauritániában a mór vezető elit hatályon kívül helyezte a döntően fekete afrikaiak jogát a folyók mentén az áradásos gazdálkodásra – ez etnikai villongásokhoz, majd mintegy 70 ezer fő elűzéséhez vezetett.

Az igazi problémát a több országot érintő folyók jelentik. Már törekvések vannak rá, hogy általánosan szabályozzák az ilyen folyók vízkészlet-megosztását, de az alapvető érdekellentétek miatt eddig nem sikerült. Így egyedi megállapodások, kiereszkolt egyezmények, a katonai erő egyaránt szerepet kap a vízkészletek megosztásában, de felmerülhet a víz miatt kiboruló háborúk lehetősége is.

A vízgyűjtők felsőbb részén levő országok természetesen tarthatnák, hogy a készletek őket illetik, azonban ezt egyezmények és gazdasági-katonai erőviszonyok jelentősen befolyásolják. A Nílus esetében a 20. század során a fő vízfelhasználó, a folyó

<sup>187</sup> A „Víz története” című, 4 részes ismeretterjesztő film részletesen bemutatja ezeket.

alsó szakaszán levő brit birodalom, majd Egyiptom katonai ereje jóval jelentősebb volt, mint a felvízi Etiópiáé és Szudané. Így nagyon egyenlőtlen megállapodásokat tudott rákényszeríteni azokra az országokra, amelyeknek területén a folyó vízkészletének zöme keletkezik. Egyiptom szinte teljes jogot kapott a száraz évszak vízkészletére. Az Asszuáni gát építésekor Egyiptom és Szudán vízkészlet-megosztásban állapodott meg (55,5 és 18,5 km<sup>3</sup> mennyiségben). A gondot később az okozta, hogy a megállapodásból a további 8 Nílus menti ország kimaradt, így a folyó vízhozamának 80%-át biztosító Etiópia is. Az elmúlt években a feszültséget fokozta, hogy a gyorsan növekvő népességű Etiópia víz- és energiaszükségeit biztosításához egy nagy duzzasztót (és 6000 MW-os vízierőművet) épít a Kék-Níluson, ami veszélyezteti Egyiptom korábbi mennyiségű vízfelhasználását. Ennek kapcsán 2017. novemberében Egyiptom elnöke azt fogalmazta meg: „a víz élet vagy halál kérdése ... és senki nem érintheti Egyiptom vízmennyiségét”. Ugyanakkor Etiópia vízhez való joga alig vitatható. Egyiptom pedig a korábban kikényszerített, majd „szótlanul elfogadott” helyzetet kívánja megtartani. Ki fog itt igazságot tenni? Csak remélhetjük, hogy nem a fegyverek. Mivel 2018 júniusában a két ország politikai vezetője elvi megállapodást kötött, így remélhető, hogy a konfliktus békésen oldódik meg.

Ha a folyó felsőbb szakaszán katonailag erősebb ország van, az könnyebben kikényszeríti a megállapodást a vízhasználatról. A Tigris és az Eufrátesz folyók vízkészletének felhasználása esetében a 2003-as iraki háború után Törökország könnyebb helyzetbe került, mert lényegesen meggyengült az alvízi ország, Irak. Ehhez hasonló, egyenlőtlen erőviszonyokkal terhelt víz konfliktus van kibontakozóban a már korábban bemutatott Mekong folyó esetében is.

A 2000-es évek elején 263 jelentősebb határokon átnyúló vízgyűjtőt tartottak számon a világban, ezek között 19 olyan volt, ami legalább öt országot érintett. Legtöbb ország a Duna vízgyűjtőjén osztozik, összesen 18. Az utóbbi fél évszázadban a több országot érintő vízgyűjtőkön közel kétezer határon átnyúló „esemény” történt (együttműködés vagy konfliktus), melyek közül 7 erőszakkal végződött, több mint ötszázban akadályok merültek fel, 150-160 vizsont már aláírással zárult, de ez nem jelent feltétlenül gondtalan megoldást.

A napi hírekben rendszeresen szereplő palesztin-izraeli konfliktusnak is vannak határozottan a vízhiányhoz köthető előzményei. Izraelben ugyanis 1967-ben szigorúan korlátozták a palesztinok vízhasználatát felszín alatti vizekből. A száraz éghajlatú ország esetében azonban meghatározó szerepe van a természetes vízfolyásoknak is. Az 1967-es háború előtt Szíria már megkísérelte elterelni a Jordán folyó egyik ágát (Banias), Jordánia pedig egy másik folyón (Jarmuk) tervezett duzzasztót építeni. A háborút követően azután a Golan-fennsík nemcsak hadászati szempontból kapott jelentőséget, hanem a vízügyi beavatkozások ellenőrzésében is. 1994-ben Izrael megállapodott Jordániával a vízkészlet-megosztásról, majd 1995-ben megállapodás szü-



letett a palesztinok vízhasználati jogairól is, mégis ezt a vidéket ma is egy potenciális vízháború kialakulásának helyeként tartják számon.

Ha Földünk víz konfliktus térképét<sup>188</sup> megnézzük, akkor ennek számos konkrét megnyilvánulását láthatjuk. A víz veszélyes fegyver tud lenni, ha fegyverként akarják használni. Ezt megmutatta már 1938 nyarán a kínai-japán háború, ahol a Sárga folyó töltéseinek átvágásával előidézett árvízzel próbálták megállítani a japánokat. Az eredmény 21 ezer km<sup>2</sup> elöntött terület, 4 millió kitelepített és 800 ezer halálos áldozat (az árvíz és annak következményei miatt). Hasonló módon próbálta magát védeni az Iszlám Állam Szíriában 2017-ben, Aleppótól keletre (lásd 398. esemény a víz konfliktusok térképén). 1974-ben Irak egy Szíriában levő gát lebombázásával fenyegetőzött az Eufráteszen tapasztalt vízkészlet csökkenés miatt (103. esemény). De a víztől független problémák miatt is „bevethető a vízfegyver”. Erre lehet példa India, ahol 2016-ban gazdasági és szociális ügyek miatt tiltakozó földművesek a Delhi vízellátásában fontos szerepet betöltő Munak-csatorna vizét zárták el. A kényszerűségből beavatkozó indiai hadsereg legalább 18 embert megölt és 200-at megsebesített (385. esemény). A kiragadott példákkal csak érzékeltetni szeretnénk volna, hogy már jelenleg is komoly harc folyik a vízért, bár a csatározások még inkább csak kicsiben zajlanak. A rendelkezésre álló, egyre csökkenő készletek azonban már előrevetítik a későbbi erőpolitizálás jeleit, vagy az elkeseredettségéből, tehetetlenségéből származó irracionális „megoldások” (terrorselekmények) szaporodását.

## 6.2. A világtenger környezeti problémái

Földünk felszínének 70,8%-át, 361 millió km<sup>2</sup>-t a világtenger borítja, és itt található a vízkészletek kb. 97,5%-a (1,332 milliárd km<sup>3</sup>). Az utóbbi évszázadig a világtengerben zajló folyamatokat a természetes tényezők alakították. Bár az emberiség néhány évezred óta használja (leginkább a part menti vizeket), a halászat és a (szélre alapozott) hajózás nem okozott érdemi hatást a vizekre. Azonban főként a 2. világháború utáni gyors gazdasági fejlődés és a növekvő népesség miatt a tengerek komoly környezeti károkat szenvedtek. A légköri változások miatti hatásokat (olvadó sarkvidéki területek, a tengerszint emelkedése, a tenger savasodása, a korallok pusztulása) már korábban bemutattuk. Van azonban további két, az emberi hatásokkal közvetlenül kapcsolatos súlyos, a jövőben várhatóan gondot okozó probléma.

<sup>188</sup> <http://www2.worldwater.org/conflict/map/>

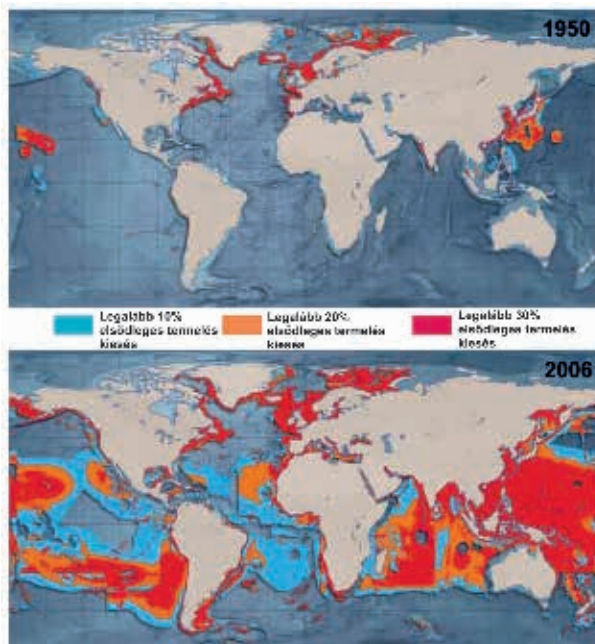
### 6.2.1. Túlhalászás

Az emberiség ételmezésében a tengeri halászat fontos szerepet tölt be. Korábban csak a halászhálók száma és mérete szabott határt a kifogott halak mennyiségének, az 1990-es évek közepére pedig elértük (sőt egyes tengerrészekben már túl is léptük) a fenntartható módon halászható mennyiség maximumát. Az 1950-ben még csupán 21 millió tonnás fogás ekkorra meghaladta a 90 millió tonnát, és megközelítette azt a FAO előrejelzést, amely már az 1970-es években 100 millió tonna körül becsülte az elérhető legmagasabb értéket. Az 1950-es és 1960-as években látványosan nőtt a kifogott mennyiség, köszönhetően a növekvő és egyre jobban felszerelt halászflo-táknak. A halászat eredményessége ebben az időben már nem a szerencse műve volt, hanem a technikai fejlettség határozta meg: lehetőség nyílt akár fajokként vonuló raj-jokat halászni. A nagymértékű növekedést előbb az 1970-es évek elejétől a kitermelés ütemének csökkenése, később az 1990-es években már a stagnáló eredmény (jellem-zően 90-95 millió t évente – 6.36. ábra) követte, majd látványos problémák jelentkez-tek. 1950 és 2006 között a halászati területek nagysága tízszeresére nőtt, elérte a 100 millió km<sup>2</sup>-t, és a világtenger felszínének legalább 1/3-án jelentősen befolyásolta a halállományt (6.37. ábra).



6.36. A tengeri halfogás alakulása 1950–2016 (millió tonna) (az adatok forrása: FAO)

Napjainkra a világtengernek csak alig több, mint 10%-án valószínűsíthető meg a halászat fenntartható módon, ugyanakkor, több mint 30%-án már egyértelműen kimutathatók a túlhalászás jelei (6.38. ábra). A halászterületek többségét a kimerülés fenyegeti, a túlhalászás mindinkább nyilvánvaló. A legjelentősebb 15 halászterület közül 11 víz-szaesőben van, s a legjelentősebb halfajok 2/3-ának állománya hanyatlik.

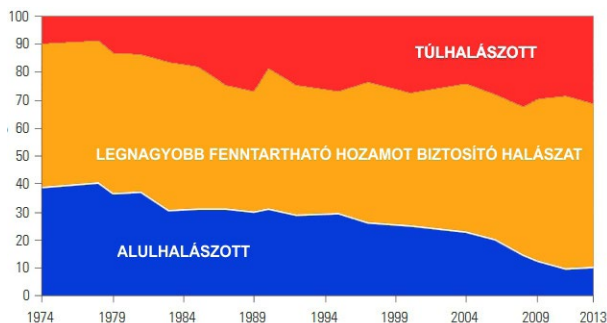


6.37. ábra. A világ halászatának bővülése és annak következményei 1950-ben és 2006-ban (Forrás: WWF<sup>189</sup>)

Jól mutatja a probléma nagyságát, hogy több halfaj halászatát már csökkenteni, vagy függesztetni kellett. A folyamatot jól példázza az Északi- és a Balti-tenger esete, ahol az 1960-as években vált általánossá a nagyteljesítményű hajók által végzett vonóhálós halászat, amivel szinte kopaszra söpörték a tengereket. 1960 és 1965 között a fogási eredmények megkétszereződtek, de például a heringet sikerült annyira megritkítani, hogy fogását 1977 és 1982 között teljesen abba kellett hagyni, s állománya azóta sem állítható normálisan vissza. A heringektől függő tőkehal-állomány halászatát is az összeomlás fenyegeti. Látványos változáson ment át Peru szardellahalászata is. 1950 és 1970 között a semmiből 13,1 millió tonnára nőtt (ez akkor a világ halfogásának ötöde volt), majd 1974-ig 2, 1984-re pedig 0,8 millió tonnára esett vissza, hogy utána újra jelentősen növekedni tudjon (1995-ben a korábbi csúcsmennyiség 2/3-ára). Talán a leglátványosabb visszaesés a tőkehal halászatában következett be, amikor Új-Fundland partjainál az 1969-es csúcstól 1992-re olyan mértékben esett vissza a halfogás (6.39. ábra), hogy sok halász munka-

<sup>189</sup> Az ábra elérhető: [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr\\_living\\_planet\\_report\\_2012.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr_living_planet_report_2012.pdf) 85. old.

nélküli lett, és a kanadai kormánynek gazdasági segítséget kellett adni. A fajra a halászati moratóriumot eredetileg 2 évre tervezték, de még 14 évvel később is fenn kellett tartani. Ezzel egy időben a nyugat-atlanti tonhal fogása 1970 és 1993 között 80%-kal csökkent. A problémák sorát látva, a fenntartható halászat érdekében alapították meg (londoni székhellyel) 1996-ban a Tengerészeti Biztonsági Tanácsot.



6.38. ábra. A tengeri halászati térségek állapotának területi változása 1974–2013 (%)  
(Forrás: WWF<sup>190</sup>)

A tengeri halászatban jellemző változás lett az, hogy egyes halfajok populációinak visszaesése után a korábban kevésbé értékesnek tartott fajok is sorra kerültek. E folyamatban a nyílt tengeri fajok részaránya növekedett, és az 1990-es évek közepén már elérte a teljes fogás felét. A közép-atlanti térségben, az 1960-as években domináns tonhal csökkenése után a 1970-es években már a kardhalat, majd újabb évtized múltán a tengeri pisztrángot halászták. Az amerikai partoknál néhol a korábbi halfajokat egyre gyakrabban váltották fel a ráják vagy a kis macskacápák.

A túlhalászásnak más szembeötlő jelei is jelentkeztek, például *csökkentek a kifogott halak méretei*. A csalizott kardhalak átlagos mérete 120-ról 30 kg-ra csökkent, és néhány évtized alatt kevesebb, mint felére csökkent a kifogott tonhalak átlagos mérete is, jól érzékeltenve a populáció nagyságának visszaesését (6.40. ábra). Még látványosabb a kifogott sügerek méretének és korának csökkenése a dél-atlanti területeken (1962 és 2010 között hosszuk felére, súlyuk huszadára, átlagos életkoruk pedig 11-ről 2 évre csökkent<sup>191</sup>). Érdemes viszont megjegyezni, hogy a mexikói-öbölben 13 év után lekerült a tilalmi listáról,

<sup>190</sup> Az ábra a [http://www.panda.org/knowledge\\_hub/all\\_publications/lpr\\_2016/](http://www.panda.org/knowledge_hub/all_publications/lpr_2016/) 55. oldalán levő ábra felhasználásával készült.

<sup>191</sup> Lásd: <http://www.pewtrusts.org/en/research-and-analysis/analysis/2011/05/09/overfishing-101-the-importance-of-rebuilding-our-fish-populations-without-delay>

mivel jelentősen gyarapodott állománya. Kanadai kutatók 2003-as közlése szerint a világtengerek nagy testű ragadozóinak száma 50 év alatt a tizedére csökkent.

A kifogott halak minőségi romlásával csak átmenetileg lehetett a mennyiséget fokozni vagy tartani, ugyanakkor a halászati moratóriumok több halászterületen lassú javulást hoztak a halállományban. Továbbra is jelentősen túlhalászott azonban az Atlanti óceán északkeleti területe (kb. 39%-ban), de különösen a Földközi és a Fekete-tenger (75-85%-ban).



6.39. ábra. Az atlanti tőkehal állományának összeomlása Új-Fundland keleti partjainál  
(Forrás: Millennium Ecosystem Assessment<sup>192</sup>)



6.40. ábra. A kihalászott sárgaúszójú tonha átlagos súlya 1960–2014 (kg)  
(Forrás: ICCAT és FAO<sup>193</sup> adatai alapján)

<sup>192</sup> <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf> 12. old.

<sup>193</sup> A [http://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2008\\_SCRS\\_ENG.pdf](http://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2008_SCRS_ENG.pdf) 25. old. és a <http://firms.fao.org/firms/resource/20/en> felhasználásával

Hosszan sorolhatóak lennének azok a példák, amelyek jól mutatják, hogy *a tengeri halászat terén az emberiség elérte a fenntarthatóság határát*. Ezen kívül azonban a halászatnak további jelentős globális összefüggései is vannak. Az ökológiai szempontokat sokáig teljesen nélkülöző rablógazdálkodás fajok sokaságát pusztította ki, vagy sodorta a kipusztulás közelébe. A specializálódott halászati tevékenység számos nem „célállat” állományát is értelmetlenül pusztította.

A halászatot sújtó problémák nagyon eltérő módon érintik a különböző fejlettségű térségeket. A jobb technikai felkészültségű, nagyobb gazdasági erővel rendelkező országok egy ideig eredményesen tudták folytatni tevékenységüket, és a túlterhelt vizekről a szegényebb országok vizeire áttelepülő halászflokkok ügyesen ki tudták használni a technikai különbségeket, és az ellenőrzés gyengeségeit. 1996 óta azonban az ipari méretű halászat eredményessége is csökkent. Az emberiség élelmezésében az utóbbi évtizedekben a különböző aquakultúrák pótolta a halászat csökkenő, stagnáló eredményességét. Az ezekből származó halászati termelés mennyisége 1980 és 2015 között majdnem 15-szörösére nőtt. Ebben főként Délkelet-Ázsia, azon belül is Kína eredményessége a meghatározó.

Sajátos szerepet mutat Földünk jelenlegi legnagyobb testű állatainak, a bálnáknak a vadászata. Bár a nemzetközi közösség a Nemzetközi Bálnavadászati Bizottságon keresztül korlátozta, illetve moratóriumot hirdetett vadászataikra, napjainkban három ország van (Japán, Norvégia és Izland), amelyik a közös akarat ellenére is pusztítja állományukat. Japán sokáig tudományos kutatásnak beállítva játszotta ki a megállapodást, de a támadások miatt kilépett a bizottságból, és 2019 közepén 30 év után újraindította a kereskedelmi célú halászatot is.<sup>194</sup>

## 6.2.2. A világtenger szennyezése

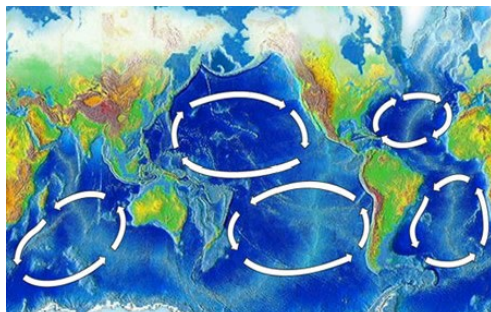
Bolygónk lakosságának 40%-a, mintegy 3 milliárd fő él 100 km-nél közelebb a tengerekhez (és ebből 700 millió 10 méternél kisebb tengerszint feletti magasságon). Ez a szoros kapcsolat mind a tengerek hasznosításában (pl. a halászat szerepe az élelmezésben), mind a vizek elszennyezésében megnyilvánul. A szárazföldekről tengerekbe kerülő kezeletlen szennyvíz, a mezőgazdasági területekről bemosódó tápanyagok és vegyszerek, a hulladékgazdálkodás hiányosságai miatt a vizek által beszállított hulladékok (döntő részben műanyagok) alapjaiban változtatják meg először a part menti területek élővilágát, később pedig az egész világtengert. Azt gondolom, senkit sem kell meggyőzni a probléma súlyosságáról akkor, ha beírja az internetes kereső

<sup>194</sup> <https://www.reuters.com/article/us-japan-whaling/ships-set-sail-in-japans-first-commercial-whale-hunt-in-more-than-30-years-idUSKCN1TW16U>

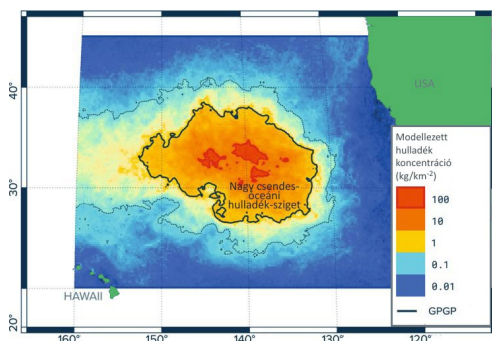
programokba a következő két szót: ocean, waste. Ha a keresésben a „képek”-et választjuk, döbbenetes látványban lehet részünk – ezért a tisztelt olvasóra bízunk, hogy saját maga válasszon, melyek a legmeggyőzőbbek a probléma bemutatására. A képek alapján nyilvánvaló, hogy a tengeri műanyag hulladékok tömeges megjelenése látszik a legnagyobb problémának. Az elmúlt években szinte nincs olyan hónap vagy hét, hogy ne jelenne meg újabb és újabb hír a világtengerben a műanyagok jelenlétéről, káros hatásairól. Ez a nehezen lebomló hulladék megjelenik lakott területektől távoli lakatlan szigeteken, de a tenger mélyén a Mariana-árokban is, vagy már a mélytengeri állatok szervezetében.

Bár az első jelzések már az 1980-as években voltak a nagyobb méretű tengeren úszó szemétfoltokról, a hulladékok globális problémája az átlagember számára 2006 végén vált egyértelművé, amikor a *The New York Inquire* összeállította a „Világ hét új (szemét) csodáját”. Ez irányította rá ugyanis a figyelmet arra az óriási szemétszigetre, ami a Csendes-óceánon úszik. Egy ilyen média-megjelenés kellett ahhoz, hogy bekerüljön a köztudatba. De mi is ez az 1. számú szemétszoda? A 2007-ben már Texas állam területének kétszeresét is meghaladó, nevet is kapott (Eastern Garbage Patch, majd a későbbi elnevezése Great Pacific Garbage Patch - GPGP) képződmény egy jórészt műanyag hulladékokból összeállt „sziget” a Csendes-óceán északi medencéjében Kalifornia és Hawaii között félúton. A hulladék zöme a szárazföldről származik, és a hosszú ideig le nem bomló, víznél könnyebb műanyagokat a tengeri áramlások „rendezték” szigetté, óriási problémát okozva az élővilágnak. Valójában a sziget kifejezés félrevezető, hiszen ez az úszó műanyag tömeg nem alkalmas arra, hogy annál valaki kikössön és partra szálljon. Az is érdekes, hogy a műholdas távérzékelés sem alkalmas kimutatására, hiszen a víz spektrális tulajdonsága dominál ebben a víz-műanyag „koktéliban”.

Az elmúlt évek során a területet feltérképező expedíciók sok tulajdonságát feltárták ennek a területnek, és időközben felfedezett további társainak. Jelenlegi ismereteink szerint 5 nagy áramlási rendszerhez kapcsolódó szemétfoltot ismerünk (6.41. ábra), de emellett számtalan kisebb-nagyobb társuk úszik még az óceánokon. Anyaguk a napsugárzás hatására felaprózódott néhány centiméteres, vagy akár lényegesen kisebb műanyagokra. Egy 2015-ben szervezett nagy expedíció részletesen feltérképezte (mintegy 30 hajóval és repülőgépes felvételezéssel) a GPGP-t. A vizsgálatok alapján kiterjedése 1,6 millió km<sup>2</sup> volt, de igazi határvonalát nehéz meghatározni, hiszen sűrűsége a szélek felé csökken, és egy részük nem a felszínen, hanem csak annak közelében lebeg. Központi része mintegy 80 ezer tonna műanyagot tartalmaz. Mennyiségük km<sup>2</sup>-enként a legsűrűbb részeken meghaladja a 100 kg-ot, de nagy területeken inkább csak 1-10 kg (6.42. ábra). Tömegének ¼ része 5 cm-nél nagyobb darabokból áll, és sok benne a halászhaló.



6.41. ábra. Az öt fő tengeri műanyag felhalmozódási terület a világ óceánjain (Forrás: NOAA).



6.42. ábra. A hulladék koncentrációja a „Nagy csendes-óceáni szemétsziget” keleti területén a 2015-ben végzett mérések alapján modellezve (Forrás: Lebreton et al 2018)<sup>195</sup>

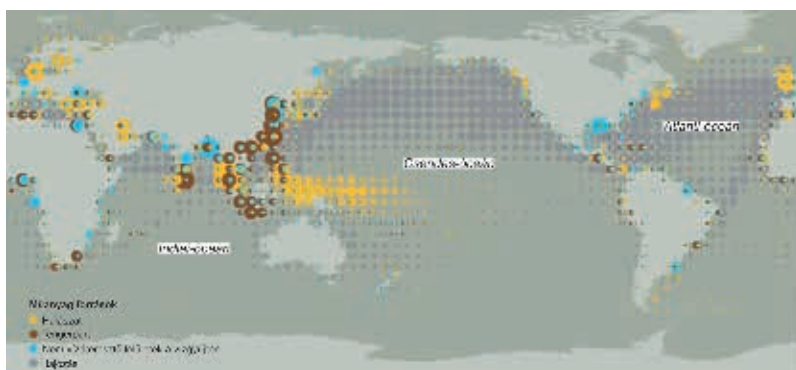
A szerényebb becslések szerint évente legalább 8 millió tonna műanyag jut a tengerekbe, de vannak ennek kétszeresét mutató számítások is. Jelenleg a délkelet-ázsiai területekről jut be a legtöbb műanyag a világtengerbe (6.43. ábra). Európában a Duna szállít legtöbb műanyag hulladékot (530-1500 t/év). Az ázsiai folyóknál – a vízjárás függvényében – jelentős éven belüli változások vannak: a Sárga-folyó nyáron akár havonta 76 ezer tonnát, januárban pedig 2,5 ezer tonnát szállít, a Gangesz augusztusban 44,5 ezer tonnát, december és március között viszont kevesebb, mint 150 tonnát. A tengerekbe kerülő műanyag hulladék 60%-áért napjainkban öt ország (Kína, Indonézia, a Fülöp-szigetek, Thaiföld és Vietnám) a felelős. Az óceánokban levő műanyagok

<sup>195</sup> Részletesebb eredmények a <https://www.nature.com/articles/s41598-018-22939-w> 3. ábrán.



súlyát jelenleg 100-260 millió tonna közötti értékre becsülik, de 2050-re mennyisége meghaladhatja a halállományt (812 millió tonna) is.

A korábban bemutatott szemétszigetek azonban nemcsak a társadalom gondatlansága miatt szaporodnak. Előfordul, hogy viharban bajba jutott hajók szállítmánya gyarapítja azt. Került már így tengerbe például 33 ezer pár NIKE baseball-cipő, 34 ezer pár hoki kesztyű, vagy 29 ezer sárga gumikacsa is. A probléma gyökere nyilvánvalóan a rohamosan növvő műanyag-felhasználásban, illetve a hulladékok hasznosításának hiányosságaiban van. De rengeteg hulladék került tengerbe egy-egy jelentősebb árvíz vagy cunami után is. A világtenger növekvő szennyeződése miatt az UNEP 2016-ban önálló kiadványt<sup>196</sup> is megjelentetett a tengeri hulladék problémájáról.



6.43. ábra. A műanyagok világtengerbe kerülésének főbb helyei (Forrás: UNEP 2016)

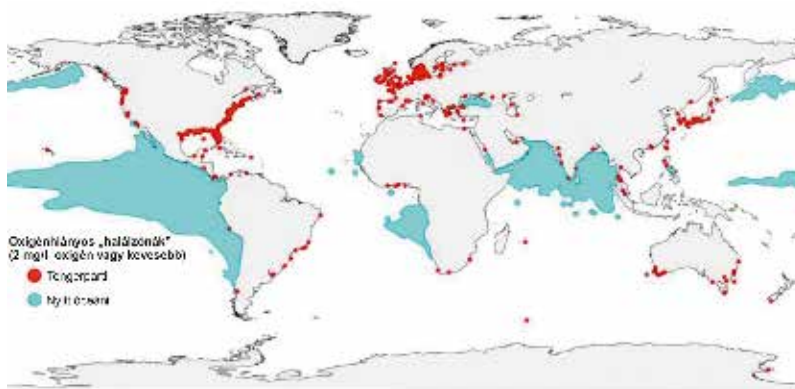
A szárazföldekről bemosódó tápanyagok hatására a világtenger számos helyén „*tengeri halálzónák*” alakulnak ki néhány hónapos időszakokra. Ezek kialakulásának első számú okozójának a műtrágyázással összefüggő nitrogénszennyezést tartják. A gyakran túltrágyázott talajból a nitrogént a csapadék a folyókba, onnan pedig a tengerekbe, óceánokba szállítja (évente kb. 160 millió tonnát), ahol az az algák robbanásszerű elszaporodását idézi elő. Amikor az algák elpusztulnak, és a tengerfenékre süllyednek, ott bomlásnak indulnak, és elvonják a víz oxigéntartalmát. A halálzónák ott jönnek létre, ahol az oldott oxigén 2 mg/l alatt van, így azok valóságos hal- és növénytemetővé válnak. A halálzónák mérete időjárástól is függ, jellemzően a melegebb nyári időszakokban alakulnak ki, és akár az ősztől is megmaradhatnak<sup>197</sup>. Az UNEP 2003-as összegző kötete olyan

<sup>196</sup> [https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/s\\_document/11/original/MarineLitterVG.pdf?1488455779](https://gridarendal-website-live.s3.amazonaws.com/production/documents/s_document/11/original/MarineLitterVG.pdf?1488455779)

<sup>197</sup> Az évszakok az adott félgömbre vonatkoznak.

új problémaként vetette fel a tengeri halálzónák számának gyors szaporodását, ami százmilliók élelmezését veszélyezteti. A 2010-es évekre számuk már megközelítette az 500-at, és összterületüket globálisan 245 ezer km<sup>2</sup>-re becsülték. A legnagyobb ismert halálzónák elérhetik akár a több tízezer négyzetkilométeres kiterjedést is. Ilyen nagyobb kiterjedésű területek elsősorban Európa beltengereiben, illetve Észak-Amerika és Délkelet-Ázsia partjainál alakulnak ki. A legnagyobb a Fekete-tengerben, de jelentős méretűek a Balti-tengerben, az Adriai-tengerben, a Mississippi deltában (itt az eddigi legnagyobb 2017-ben alakult ki, mérete közel 23 ezer km<sup>2</sup> volt), az Egyesült Államok keleti partjai mentén, a Jangce és a Gyöngy folyók torkolatánál kialakuló foltok.

Egy 2018 elején megjelent átfogó kutatás azonban azt is feltárta, hogy a partoktól távolabb is kialakulhatnak oxigénszegény területek, ha nemcsak a felszíni vizeket vizsgáljuk (6.44. ábra). Ezek figyelembe vételével már az összterületük is jóval nagyobb, mint azt korábban gondolták (akár több millió km<sup>2</sup>). A mélyebb vizek oxigénhiányos állapota<sup>198</sup> azonban nem a szennyeződések, hanem a melegedő és savasabbá váló tengervíz következménye.



6.44. ábra. Az oxigénhiányos területek a világ tengereiben  
(Forrás: Global Oxygen Network 2018<sup>199</sup>)

<sup>198</sup> A NOAA által összeállított World Ocean Atlas 2009 adatai alapján (<https://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA09F/woa09f.pl?parameter=o>) megállapíthatjuk, hogy az óceánok egyes területein már 150 méter körüli mélységtől kialakulhatnak oxigénhiányos területek.

<sup>199</sup> A Global Ocean Oxygen Network (GO<sub>2</sub>ON) által készített térkép összesíti a korábbi felszíni vizekre vonatkozó információkat a világtenger mélyebb vizeiből származó információkkal. A bemutatott ábra 300 méteres mélységig veszi figyelembe ez utóbbi adatokat.

A tenger felszínén látható látványos hulladékmennyiség mellett komoly hatást gyakorol a vizek állapotára az a kb. 100 ezer hajó, tanker, amelyik a nyersanyagok és ipari termékek szállításával a növekvő világkereskedelem meghatározó része. A hajókból kikerülő olaj és szilárd szennyezés mellett jelentős azok légszennyező szerepe is. Egy 2009-es elemzés szerint például 16 szupertanker annyi kéndioxidot (hajónként évi 5000 tonna) bocsátott ki a levegőbe, mint az akkor szárazföldön futó összes (kb. 800 millió) személygépkocsi<sup>200</sup>.

A tengeri szállításához kapcsolódó legnagyobb környezetszennyezések a tanker-katasztrófák. 2018-ig 10 olyan tanker-katasztrófa volt, amikor több, mint 100 ezer m<sup>3</sup> kőolaj került a tengerbe (a talán legismertebb Exxon Valdez katasztrófájakor „csak” 41 ezer m<sup>3</sup>).

A kőolajtermeléshez, vagy háborús helyzethez három kiemelkedően nagy tengeri olajszennyezés kapcsolható. Az 1991-es öbölháborúban legalább 1,5 millió m<sup>3</sup>, a Mexikói öbölben 2010-ben bekövetkező termelési meghibásodás (Deepwater Horizon) során mintegy 780 ezer m<sup>3</sup>, az 1979-ben Mexikó partjainál történt termelési balesetkor (Ixtoc 1) pedig 530 ezer m<sup>3</sup> olaj került a tengerbe. Valamennyi nagy szennyeződés komoly környezeti károkat okozott, melyek felszámolása többször éveket vett igénybe.

Nehezen becsülhető meg azoknak a nukleáris hulladékoknak a veszélyessége, amiket a polgári felhasználás (atomerőművek), illetve a hadászat „melléktermékeiként” (pl. atom-tengeralattjárók kimerült fűtőelemei) bevett gyakorlatként a tengerekben helyeztek el. A hulladékok ilyen elhelyezése a „szemét szőnyeg alá seprésére” emlékeztet. Az elhelyezett sugárzóanyag zöme Novaja Zemlja (Szovjetunió, majd Oroszország), az Atlanti-óceán Európához közeli területei (főként Nagy-Britannia, Svájc, Belgium) és az USA keleti partjai mentén került a tengerbe<sup>201</sup>. A Greenpeace tényfeltáró filmjeinek köszönhetően a nyilvánosság erejének döntő szerepe volt e rossz gyakorlat megszüntetésében. Sajnos a Fukushimai atomerőmű baleset nukleáris hulladékainak egy része is a tengerbe került.

A világtenger szennyezése miatt az élővilágot ért kárt felbecsülni is nehéz. Ami látható: évente több mint egymillió madár és több százezer emlős (pl. foka, delfin) pusztul el, azért mert elfogyasztják az emészthetetlen, tápláléknak vélt anyagokat

<sup>200</sup> A nagy szennyezés oka, hogy a tankerek olcsó, de magas kén-tartalmú nehéz olajat használnak üzemanyagként. A nagy szennyezésük miatt 2020-tól egy nemzetközi egyezmény 5000 ppm-ben maximalizálja a felhasználható olajak kén-tartalmát, ami a szennyezések hetedére csökkenését eredményezi. Kevesebb, mint egy év alatt azonban kiderült, hogy érdemi műszaki vizsgálatok nélkül vezették be a szabályozást, ami számos meghibásodást és további környezetszennyezést is okozott, és már újabb dízelbotrányként is említik. Lásd:

<https://www.forbes.com/sites/nishandegnarain/2020/12/21/shipping-gate-explained-how-the-global-ship-fuel-scandal-came-about/>

<sup>201</sup> A világtengerbe került radioaktív szennyezésekről átfogó elemzés található egy 2005-ös tanulmányban: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE\\_1429\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE_1429_web.pdf) (még a fukusimai katasztrófa következményei nélkül).

(színes öngyújtó, fogkefe, műanyag kupak) vagy belegabalyodnak a szemétdzsungelbe. Megdőbbentettek azok a képek, amelyek az így elpusztult vagy eltorzult állatokról elérhetőek a világhálón. Amiről viszont még keveset tudunk, az a táplálékláncba bekerülő *mikroműanyagok*, mérgező vegyületek. Egy 2018 elején megjelent tanulmány szerint a korábbi években az északi sarkvidéki területeken gyűjtött jégmintákban literenként 12 ezer (akár 11  $\mu\text{m}$ -re aprózódott) mikroműanyag-részecskét is kimutattak. A tengeri madarak 44%-a, a cetfélék ötöde már (nagyobb) műanyagokkal a testükben él<sup>202</sup>, de a teknősök és a halak is a korábban feltételezetttnél több műanyagot tartalmaznak. Az utóbbi 1-2 évben több tanulmány is feltárta, hogy még a tengerek mélyén élő halak nagyobb része is rengeteg műanyag mikroszemcsét fogyaszt el, így nemcsak a vízi élővilágot veszélyezteti, de az emberek tányérjára is kerülhet.

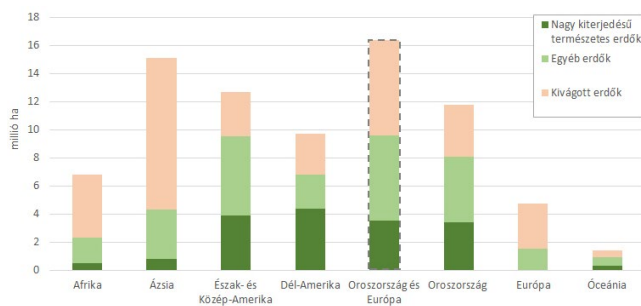
## 7. Az erdőirtás, mint globális probléma

Az emberiség tevékenysége során számtalan faj kipusztulásában szerepet játszott, azonban az egyik leglátványosabb változást a világ természetes erdeinek pusztításával okozta. 8-10 ezer évvel ezelőtt mintegy 62,2 millió  $\text{km}^2$  területet borítottak természetes erdők, ez a szárazföldek területének közel 42%-a volt (s ha ebből leszámítjuk az eljegesedett Antarktiszot, és Grönlandot, akkor az arány 46% körül lehetett). 2015-re ez az érték 40 millió  $\text{km}^2$  alá csökkent<sup>203</sup>, területileg nagy különbségeket mutatva (7.1. ábra). Jól látható, hogy az erdők kiterjedése három kontinensen (Ázsia, Afrika, Európa) csökkent legnagyobb arányban, így az ökológiai értelemben sértetlen erdők aránya ezeken a területeken 8%-nál is kevesebb lett. Az ábra azonban megtévesztő, hiszen Európában majdnem fel is számolódtak a természetes erdők (0,3%), ezt azonban ügyesen elfedi az, hogy Oroszország teljes területét Európához számolják!<sup>204</sup>

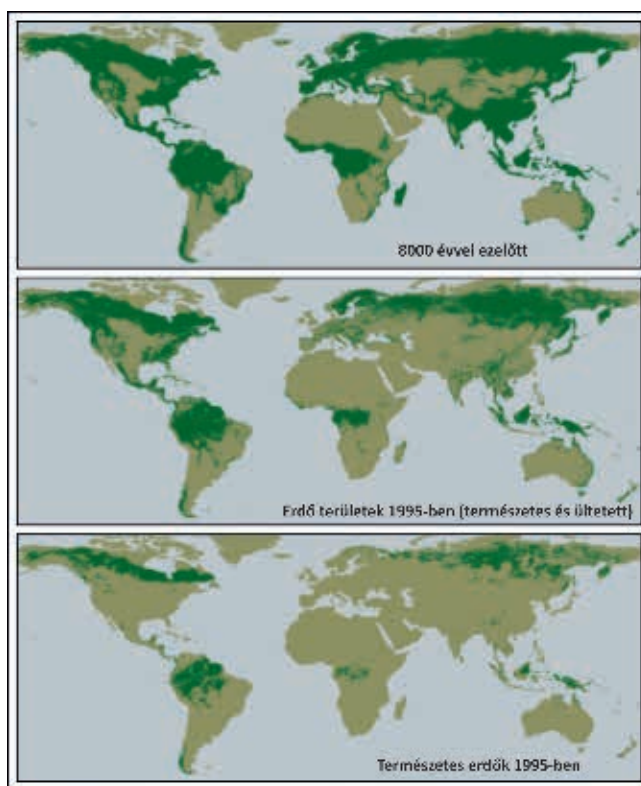
<sup>202</sup> 2018 áprilisában egy Spanyolország partjainál elpusztult fiatal ábráscet maradványaiban 29 kg műanyag hulladékot találtak.

<sup>203</sup> Korábban már ennél jóval nagyobb arányú csökkenést is kimutattak (pl. az 1990-es évek közepén már 33,4 millió  $\text{km}^2$ -t közöltek), 2000-ben azonban a FAO új módon definiálta az erdőket. A jelenlegi számítás szerint erdőnek tekintik azokat a területeket, amelyek legalább 0,5 ha mérettűek, és ott a fákrona legalább 10%-ot lefed 5 méternél magasabb fákkal, vagy amelyek helyben képesek elérni ezt a magasságot. De nem tartoznak bele a városi és a mezőgazdasági területek. Ilyen számítással a kisméretű, ritkásabb állományok is erdőnek tekinthetők, ez a korábbiakhoz képest kb. 20%-kal (!) „növelte meg” az erdők kiterjedését. (Ennek figyelembevétele az idősoros vizsgálatoknál elengedhetetlen.) De a FAO által (ország jelentésekre alapozott) statisztikák sem mindig koherensek. A fenti problémáktól eltekintve a könyvünkben a FAO <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments> címen elérhető összegzéseit tekintjük elsődleges forrásnak.

<sup>204</sup> Oroszország erdőterületeinek Európához számolása megtévesztheti a gyanútlan olvasót, főként úgy, hogy ezt sokszor nem is közlik. Oroszország területének mintegy 3/4-e, és az erdőterületeinek döntő része Ázsiában van. Ez a statisztikai gyakorlat vezet oda, hogy Európa teljes területe, és az erdőterülete lényegében „azonos” (mintegy 10 millió  $\text{km}^2$ ). Ezért mutatjuk be a 7.1. ábrán külön is Európa és Oroszország adatait.



7.1. ábra. A Föld egykori természetes erdő területeinek sorsa kontinensenként  
(Forrás: a FAO 2015 és Bryant et al 1997 adatainak felhasználásával)



7.2. ábra. Az erdőterületek egykor és napjainkban  
(Forrás: WRI Bryant et al 1997 alapján)

Ha az erdők térbeli elhelyezkedését vizsgáljuk, jól látható, hogy legnagyobb mértékben a trópusi és szubtrópusi erdők kerültek kivágásra, és ezek pótlására alig fordítottak figyelmet (7.2. ábra). Az első kiterjedt erdőkivágások a mediterrán térségben zajlottak 2-3 ezer évvel ezelőtt. Európában és Kína egyes vidékein kétszáz évvel ezelőtt gyorsult fel a folyamat, majd Észak-Amerika keleti tájain jó száz éve. Az utóbbi ötven évben azután szinte robbanásszerű változások zajlottak a még megmaradt területeken.

Több fejlődő ország külkereskedelmében jelentős a faexport aránya, éppen ezért nem teheti meg azt, hogy lemondjon róla, még akkor sem, ha tisztában van káros következményeivel. Sok esetben ez persze csak átmeneti haladék, jól példázta ezt több ország esete. Olyan korábbi faexportőrök, mint Thaiföld, vagy a Fülöp-szigetek már az 1990-es évek elején nettó importőrök lettek, s Elefántcsontpart, illetve Ghána termelése is látványosan összehuht az 1990-es évek közepére. Több, ma még nagyobb erdőterületi aránnyal rendelkező ország fogadkozik ugyan, hogy bizonyos arány alá nem csökkenti erdek kiterjedését – ez azonban vélhetően csak addig tart, amíg el nem érik azt az értéket. Ez az oka annak, hogy az erdőcsökkenés üteme még jelentős volt az utóbbi évtizedekben is, ahol azt az adottságok nem korlátozták.

A világ erdőterületeinek csökkenése globális szinten az 1960-as évek után gyorsult fel, és a csúcspont az 1980-as évtizedben érte el. Ennek két fő oka volt: az egyik a gyors népességnövekedés, a másik a kőolaj világpiaci árának gyors növekedése (az 1970-es évek közepétől). Az erdőirtás az elmúlt évtizedekben is folytatódott, igaz mértéke viszont kissé csökkent (7.1. táblázat), ezzel egy időben viszont nőtt az erdőtelepítés – döntő mértékben Kína szerepének tulajdoníthatóan (7.2. táblázat).

7.1. táblázat. A Földünk erdő területeinek változása 1970–2015  
(a FAO adatainak felhasználásával<sup>205</sup>)

Időszak	Erdőirtás (millió ha/év)	Erdő telepítés (millió ha/év)	Területcsökkenés (millió ha/év)	A változás üteme (%)
1970–1980*			≈ 7,0	
1980–1990*			≈ 9,9	
1990–2000	10,9	3,6	7,3	-0,18
2000–2010	9,3	5,3	4,0	-0,10
2010–2015	6,5	3,2	3,3	-0,08

\* A hiányos adatszolgáltatás és eltérő módszertan miatt becsült értékek.

<sup>205</sup> Sajnos a FAO 2020-as összegzése nem koherens a korábbi adatokkal, így azokat nem használtuk.

7.2. táblázat. A tíz legnagyobb erdőpusztító és erdőtelepítő 2010–2020  
(Forrás: FAO 2020)

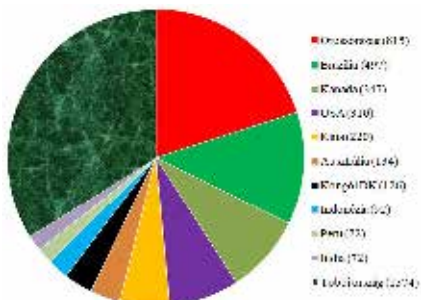
Legnagyobb csökkenés		Legjelentősebb növekedés	
Nettó átlagos erdőterület-változás (ezer ha/év)			
Brazília	-1496	Kína	1937
Kongói DK	-1101	Ausztrália	446
Indonézia	-753	India	266
Angola	-555	Chile	149
Tanzánia	-421	Vietnam	126
Paraguay	-347	Törökország	114
Mianmar	-290	USA	108
Kambodzsa	-252	Franciaország	83
Bolívia	-225	Olaszország	54
Mozambik	-223	Románia	41

A legnagyobb erdőterület csökkenés Brazíliában zajlik. Bár 2019-ig biztató változások történtek, hiszen az erdőirtás üteme jelentősen csökkent (2010–2015 között 984 ezer ha/év, ami harmada volt a tíz évvel korábbinak), de Bolsonaro elnök hatalomra kerülése nyomán eltűntek a korábbi fékek, és újra felgyorsult az erdőpusztítás<sup>206</sup>. Ugyanakkor 2019 közepén arra is felhívták a figyelmet, hogy Közép-Afrikában a brazíliait is meghaladó mértékű erdőpusztítások zajlanak. Indonézia erdőirtási adatai csökkenőek, és tíz év alatt több, mint felére csökkent a pusztítás mértéke. Számottevően nőtt viszont az erdőcsökkenés Angolában, Tanzániában, Paraguayban. Az utóbbi 30 évben az erdőterületek csökkenése összesen 1,78 millió km<sup>2</sup> volt.

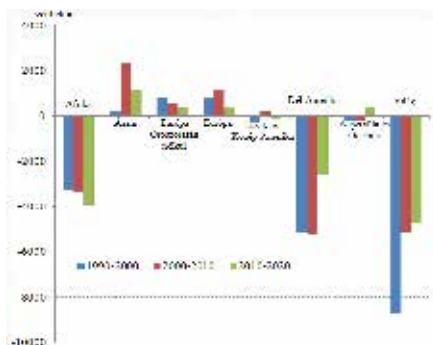
A legnagyobb erdősítést Kína folytatja, igaz ennek üteme az utóbbi évtizedben több, mint felére csökkent (az 2000–2005 közötti 4058 ezer ha/év érték, 2010–2020 között pedig 1937 ezer ha/év). A 2000-es évek elején a legnagyobb erdőtelepítők között megjelent a nagy erdőállománnyal rendelkező USA és Oroszország, illetve a korábban számottevő erdőcsökkenést elszenvedő India, a 2010-es években pedig Ausztrália is. Mellettük Európa több országa is igyekszik pótolni az iparosítás óta kipusztított erdeit.

A változásokat is figyelembe véve napjainkban négy ország (Oroszország, Brazília, Kanada és az USA) osztozik a világ erdőterületeinek közel felén (7.3. ábra), illetve három (Oroszország, Kanada és Brazília) a természetes erdők 2/3-án, és kettő (Brazília és Indonézia) felel az erdőterület-csökkenés mintegy 60%-áért az utóbbi 25 évben.

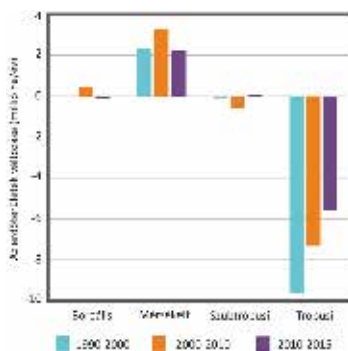
<sup>206</sup> 2019-ben 85%-kal több erdőt (összesen 9166 km<sup>2</sup>-t) irtottak ki, mint 2018-ban, de az elnök ennek bemutatása miatt támadta a Brazil Űrkutatási Intézetet. A hatalmas erdőpusztítás hatására Norvégia, az Amazonas Alap fő támogatója 2019. közepén felfüggesztette az esőerdők védelmére folyósított segélyeket.



7.3. ábra. A Földünk erdőterületeinek megoszlása 2020-ban a tíz legnagyobb erdőállományú ország bemutatásával (millió hektár)(Adatforrás: FAO 2020)



7.4. ábra. Az erdőterület változása kontinensenként 1990–2020 (Adatforrás: FAO 2020)



7.5. ábra. Az erdőterület nettó változása a különböző klímazónákban 1990–2015 (Forrás: FAO 2015)



A folyamatos erdőcsökkenés és népességnövekedés nyomán az egy főre jutó terület 0,6 hektár körül alakul globálisan. A világ 64 országában (ahol összesen több, mint 2 milliárd fő él) már nem éri el az erdőszűkség a 10%-ot sem. Különösen jelentős a pusztítás a trópusi erdőkben, köszönhetően annak, hogy Dél-Amerikában és Afrikában 3-4 millió hektár volt az átlagos csökkenés (7.4. és 7.5. ábra).

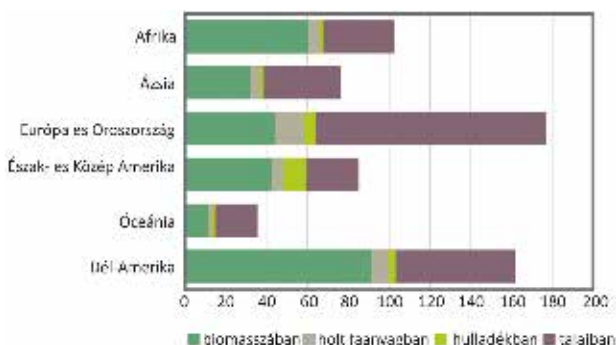
Jogosan vetődik fel a kérdés, az emberiség sok káros cselekedete közül miért kap külön is figyelmet az erdőirtás? A számos kedvezőtlen hatás közül legalább három ok az, ami említést érdemel.

a) Az erdő nem csupán fák együttese, hanem egy *összetett ökológiai rendszer – a trópusi erdők pedig a leggazdagabb szárazföldi ökoszisztémát jelentik*. Ezen erdők kiirtása fajok sokaságának pusztulását jelenti, ami végső soron (önző emberi szempontokat is figyelembe véve) az emberiség rendelkezésére álló genetikai tartalékok csökkenését is okozza. Éppen ezért kiemelkedően súlyos, hogy a természetes ökológiai állapotú erdőket érte a legnagyobb kár az utóbbi évtizedekben. A 2015-ös adatok alapján *a világ mintegy 85 országában teljesen megszűntek a természetes erdők*, mintegy 26 országban pedig a felszámolódás határán vannak (arányuk kevesebb 5%-nál) – ide tartozik Európa legerdőszűkebb országa, Finnország (68,5%) is, ahol csak 1% körül van a természetes erdők aránya. Az ökológiai problémát alig csökkenti, hogy a védett területek aránya minden földrészen nő.

b) Az erdőállomány nagyon fontos szerepet tölt be Föld széndioxid-forgalmában. A fák növekedésük során jelentős mennyiségű CO<sub>2</sub>-t építenek be szervezetükbe, ezért az erdőirtások kétféle módon is károsan befolyásolják a széndioxid-forgalmat, így áttételesen az üvegházhatást. Egyrészt az erdők felszámolása (még ha helyükre növényzet kerül is) jelentős mértékben csökkenti a lekötést, másrészt a kitermelt fából a szén nagyobb részben előbb-utóbb visszakerül a légkörbe – miután sokfelé az erdőirtást égetéssel végzik, azaz nem a fára, hanem a területre van szükség. Az erdőégetéssel a légkörbe került szén távérzékelési módszerekkel jól kimutatható. Az erdőégetés miatti széntöbbletet a légkörben éves szinten egymilliárd tonna körül becsülik. Jól kimutathatók olyan időszakok is, amikor a szénhidrogének árváltozása miatt a fejlődő országok nagyvárosai körül energianyerés (tűzifa) céljából irtottak ki erdőket – egyre táguló körben. A FAO egyik 2017-es tájékoztatója szerint még 2,4 milliárd fő fával főz, fűt, illetve sterilizálja az ivóvizét. Jelentős közvetett hatást okozhat azonban a talajban felhalmozott szén esetleges felszabadulása is a területhasználati változások miatt. (Az 1 méter vastagságig számolt értékek trópusi erdőkben kb. azonosak a vegetációban tárolttal, de boreális erdők esetén több mint ötszöröse annak!)

Az erdőterületek szerepe azért is kiemelt, mert különböző formákban összességében *több szénet tárolnak, mint ami a légkörben jelenleg van*. A világ erdőállományában tárolt szén mennyiségét 650 milliárd tonnára becsülik. Ennek 44%-a az élő biomasszában levő szén, 11%-a már nem élő fában és az avarban, további 45% pedig

talajban levő mennyiség. Az erdőállomány átalakítása mobilizálhatja a nem biomasz-szában lekötött szenet, tovább fokozva a légkör  $\text{CO}_2$ -tartalmát. A kutatások szerint az utóbbi 15 évben az erdőkben lekötött  $\text{CO}_2$  mennyisége majdnem kétszer gyorsabban csökkent, mint maga az erdőállomány. A lekötött szén megjelenési formája kontinen-senként nagyon különbözik (7.6. ábra). Számítások szerint az erdőirtások és az erdők degradációja miatt kerül a légkörbe az antropogén eredetű  $\text{CO}_2$  kibocsátás 20%-a, ami több, mint ami a közlekedésből (13%) származik.



7.6. ábra. Az erdők összes széntartalma régióként 2005 (Gt) (Forrás: FAO 2005)

Nem szabad megfélekednünk arról sem, hogy a fák (más növényekhez hasonlóan) nemcsak a  $\text{CO}_2$  megkötésben, hanem az oxigén termelésben is kiemelt szerepet teljesítenek. Egy „átlagos fa” évente kb. 100 kg oxigént termel, így 7-8 fa termeli meg egy ember éves szükségletét. Az amazóniai esőerdők pedig becslések szerint Földünk tiszta oxigénjének ötödét szolgáltatják. Az erdők mértéktelen pusztításával az életünk szintelen, szagtalan, láthatatlan, de nélkülözhetetlen feltételét veszélyeztetjük. Az általános vélekedéssel szemben azonban az esőerdők környezete az általuk termelt oxigén döntő részét fel is használják (pl. a szerves anyagok elbontása során), és a friss oxigén 4/5-e az óceánokból származik. Emellett egyre több hír érkezik arról, hogy a változó környezeti feltételek miatt az esőerdők nettó  $\text{CO}_2$  kibocsátóvá válhatnak.<sup>207</sup> Egy 2021 elején megjelent tanulmány térképen is bemutatja az erdők üvegházgáz forgalmát, és leginkább Délkelet-Ázsia és Amazónia délkeleti része tekinthető  $\text{CO}_2$  kibocsátónak.<sup>208</sup>

<sup>207</sup> <https://www.bbc.com/news/science-environment-51464694>

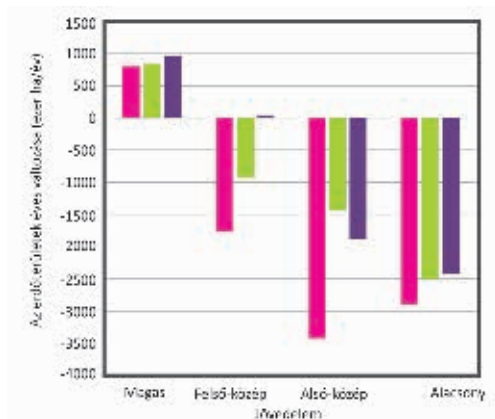
<sup>208</sup> A térkép elérhető a Global Forest Watch oldalán: [https://blog.globalforestwatch.org/climate/forests-carbon-emissions-sink-flux/?utm\\_campaign=BLOG:+Carbon+Flux+Paper&utm\\_medium=bitly&utm\\_source=MonthlyRecap](https://blog.globalforestwatch.org/climate/forests-carbon-emissions-sink-flux/?utm_campaign=BLOG:+Carbon+Flux+Paper&utm_medium=bitly&utm_source=MonthlyRecap)

c) Komoly környezeti problémát okoz, hogy az elpusztított erdők helyén többnyire olyan mezőgazdasági területek létesülnek, amelyek főként a trópusi területeken igen gyorsan (5-10 év) erodálódnak. Az elszállított talaj tavakat, víztározókat, ártereket tölt fel, jelentős károkat okozva.

További, erdőirtással kapcsolatos környezeti problémákat is feltétlenül meg kell említeni. Miután az erdők lényegesen több energiát hasznosítanak a beérkező sugárzásból, mint a helyükön kialakult felszínnek (pl. a trópusi erdők csak 15-20%-ot vernek vissza), így csökkenésük a Föld sugárzási egyenlegét negatív irányban módosítja, azaz az *erdőirtás áttételesen az üvegházhatás ellen hat* (ez azonban töredéke az üvegházgázok melegítő hatásának). Egy másik – még kevésbé feltárt – következmény, hogy az erdők égetései irtása során a légkörbe kerülhetnek a fák anyagában feldúsult olyan nehézfémek, amelyek kedvezőtlen körülmények között már számottevő befolyást gyakorolhatnak a környezetre. Ilyen jellegű higanyszennyezések néhány területen (például Braziliában) már értékelésre kerültek. Komoly egészségügyi hatása van annak is, hogy az alacsony jövedelmű országokban az erdőkből kitermelt fa 93%-a tűzifaként hasznosul (a fejlett országoknál ez az arány 17%), ami számottevő porszenyyeződést okoz. Az utóbbi időben a tűzifából levegőbe jutó szennyeződés hazánkban is gondot okoz a fűtési szezonban.

Az erdőcsökkenés folyamatának veszélyei már az 1972-es stockholmi konferencián is szóba kerültek, majd 1992-ben Rióban már külön dokumentum is foglalkozott vele, és 1997-ben a kiotói jegyzőkönyvben is kiemelt figyelmet kaptak (lásd később a 18.2.2. fejezetben). Az erdőirtás kérdése azonban mind politikai, mind gazdasági szempontból kényes kérdés, és emiatt a tudomány racionális érvei igen rossz hatékonysággal tudnak beépülni a gyakorlatba. Az erdőterületek ugyanis ma már szinte csak a gazdaságilag fejletlenebb országokban csökkennek (7.7. ábra), a fejlettebbekben már többnyire szabályozás van a pótlásukról, és számottevő erdőesítések is vannak. Ezért a probléma felvetését a fejlődő országok egy ellenük irányuló támadásként értékeli. Érveik egyszerűek: olyan országok akarják befolyásolni, korlátozni tevékenységüket, amelyek már kiirtották saját erdeiket. Állításukat meggyőzően támasztja alá a korábban bemutatott 7.2. ábra.

Tény, hogy a fa napjainkban sem nélkülözhető nyersanyag, az emberiség fontos megújuló erőforrása. Egy hektár erdő földi átlagban évente 110 m<sup>3</sup> rönkfát terem, földrajzi helyzettől függően nagyon más produktivitással (Észak-Amerikában 19, Közép-Afrikában 189 m<sup>3</sup> adja a két szélsőséget). Éppen ezért az erdőterületek jelentős részén ma már telepített erdőkkel való gazdálkodás történik. Itt persze elsődleges a gazdasági szempont, de ez jól összhangba hozható a környezetvédelmi szempontokkal. A korábbi hibák javítása és a gazdasági, humánkörnyezeti szempontok együttes hatására az utóbbi évtizedekben a fejlett országokban már az erdőterületek gyarapodása figyelhető meg, s megvalósulni látszik a fenntartható erdőgazdálkodás – gondot jelent azonban az erdőállomány fiatalodása.



7.7. ábra. Az erdőterületek változása jövedelemkategóriák szerint 1990–2015  
(Forrás: FAO 2015)

## 8. A hulladékprobléma

A hulladékok kezelésének problémája szinte minden embert érint a Földön. A két végét, amivel találkozunk: a fejlett országokban ez többnyire már a szelektív hulladékgyűjtéssel járó figyelmet jelenti, és az igazi problémát az okozza, ha valamiért késik, vagy elmarad a hulladékgyűjtés. A szegény régiókban viszont az emberek a mindent elborító szemét mindennapi problémájával szembesülnek, esetleg a szemétválogatásból megszerezhető napi megélhetést biztosíthatja. A két szélsőség között számtalan napi gyakorlati gond tapasztalható. Ha valaki nem érzékelné kellően a problémát, az írja be internetes keresőjébe a „waste” szót, és válassza ki a képek menüpontot. A képek mellé egy adat: az emberiség napjainkban évente 2,1 milliárd tonna hulladékot „termel”, amit ha tehergépkocsikba raknánk, a sor 24-szer körbeérné a Földet.

Ha az egyre szaporodó hulladékmennyiség okait keressük, akkor leginkább az urbanizálódás, az ipari növekedés, a fogyasztói társadalom modellje és a társadalmi szokások változása játszik benne legnagyobb szerepet. A városi térségekben a termelés és a fogyasztás térben jelentősen elkülönül. A hagyományos gazdaságban egykor nem volt szükség csomagolóanyagra (ma egy termék eladhatóságánál sokszor meghatározó szempont), a szerves anyag komposztba került és rövid időn belül újrahasznosult, az éghető anyagok eltüzelésre kerültek a kályhában, a kinőtt ruhákat, cipőket a következő generáció használta, a tojáshéjat megetették a tyúkokkal, a kidobott vaskályhákat vagy a papírhulladékot összegyűjtötték a diákok, és a példákat hosszan sorolhatnánk. Az ered-

mény: alig keletkezett hulladék, s ami keletkezett az is alig tartalmazott nem lebomló vagy mérgező összetevőket. Napjainkban az emberek közvetlenül alig érdekelték a hulladékok hasznosításában – sokkal egyszerűbb mindent a szemétkébe dobni. Ma sokfelé gyorsabban nő a hulladék mennyisége, mint a kezelés vagy a feldolgozás lehetősége.

Egy 2018-ra vonatkozó összegzés<sup>209</sup> szerint az egy főre jutó hulladéktermelésben Új-Zéland áll az élen (évente 781 kg/fő), de nem sokkal marad el Dánia (771), Norvégia (736), Svájc (705), Izrael (646), az USA (643), Luxembourg (619) és Németország (614) sem. A fogyasztói társadalom modellje pazarlóvá tesz bennünket. A keletkezett hulladékok mennyisége fontos, de nagyon nem mindegy annak további sorsa. A fejlett országokban a társadalmi igény, a gazdasági és technológiai lehetőségek például már elérhetővé tették a kommunális hulladékok esetében a „zéró hulladék” megvalósítását is. (Ilyen esetben már sokkal kisebb a jelentősége a hulladék mennyiségének, hiszen az valamilyen módon hasznosul.)



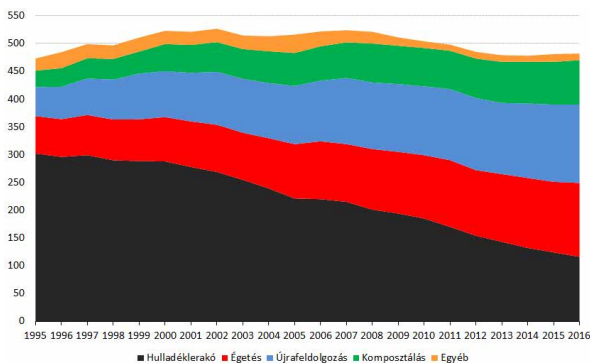
8.1. ábra. Az egy főre jutó évi kommunális hulladék mennyisége az EU országokban és néhány európai országban 2005-ben és 2018-ban (Forrás: EUROSTAT)<sup>210</sup>

Az EU országokban az utóbbi évtizedben csak lassan csökkent az egy főre jutó hulladék mennyisége (2018-ban 492 kg), sőt sok országban még növekedett is (8.1. ábra). Ugyanakkor lényegesen javult a hulladék környezettudatos elhelyezése (az újrahasznosítás és a komposztálás együttes értéke már közelíti az 50%-ot), és a lerakókba már csak a hulladéknak kevesebb, mint ¼-e kerül (8.2. ábra). Ez az adat sokkal kedvezőbb lenne az utóbbi bővítések során az EU-hoz csatlakozott országok nélkül, ahol még többnyire 70%-nál nagyobb a lerakók szerepe, sőt néhány esetben majdnem csak ezt alkalmazzák (8.3. ábra). Bár a változás ezeknél az országoknál is elindult, de ennek üteme jól mutatja, hogy a kisebb GDP-vel rendelkező országoknál több idő kell a hul-

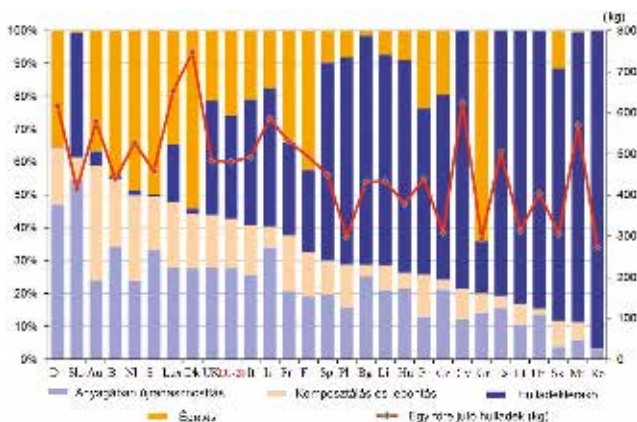
<sup>209</sup> <https://data.oecd.org/waste/municipal-waste.htm>

<sup>210</sup> [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics)

ladékgazdálkodás átalakítására. Biztató azonban például Románia és Bulgária jelentősen csökkenő egy főre jutó kommunális hulladéka, és hazánk 4. helye is a 2018. évi rangsorban. Kedvezőtlen azonban, hogy a teljes hulladékmennyiség (ami a termelési és amortizációs hulladékot is magába foglalja) több, mint tízszerese a kommunálisnak (2018-ban az EU átlagában 5,2 tonna/fő volt).



8.2. ábra. A kommunális hulladék kezelése az EU-28 országokban 1995–2016 (kg/fő)  
(Forrás: Eurostat<sup>211</sup>)



8.3. ábra. Kommunális hulladékkezelési módszerek és az egy főre eső hulladék az EU-28 országokban 2013-ban (Forrás: EU<sup>212</sup>)

<sup>211</sup> [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics)

<sup>212</sup> Az ábra elérhető: [https://libraryeuroparl.files.wordpress.com/2016/01/municipal\\_waste\\_treatment.png](https://libraryeuroparl.files.wordpress.com/2016/01/municipal_waste_treatment.png)

A hulladék-probléma természetesen nem új keletű. A hulladékok mérhetetlen felszaporodása az 1960-as évektől egyre nagyobb gondot jelentett a gazdaságilag fejlett, fogyasztásorientált társadalmakban. Nem véletlen tehát, hogy már a világmodellek megalkotása során is, mint lényeges globális probléma vetődött fel. A Meadows-féle modellekben több modellváltozatban is a katasztrofális véget a környezetszennyezés (és ehhez kötődve a hulladék) okozta, más változatok pedig a nyersanyaghiány kapcsán éppen teljes hasznosításukkal számoltak. A probléma fontosságát mutatja, hogy a Római Klub egy másik jelentése még címében is szerepelteti (Gábor-Colombo jelentés: *A hulladékkorszak után*).

A hulladékokkal kapcsolatos környezeti problémákat több csoportba lehet sorolni.



8.4. ábra. A gumihulladék elhelyezése a sivatagban Kuvaitban  
(a Google Earth felhasználásával)

a) *Egyre kevesebb hely, drágább elhelyezés.* Hosszú időn keresztül a hulladék depó-  
niákban való lerakása volt az általános gyakorlat (sajnos ma is sok országban jellemző).  
Ez nem ritkán a települések környékén található mélyedésekben, vagy értékes termő-  
területen történt. A rohamosan halmozódó szemét azonban egyre nagyobb és nagyobb  
területeket igényelt, ami növekvő szállítási, elhelyezési költségeket okozott. Az USA  
nagyvárosai az 1980-as évek végén jól példázták ezt a tendenciát: Minneapolisban né-  
hány év alatt hatszorosára emelték a szemétdíjakat, Chicagóban betelt a lerakó, Phi-  
ladelphiaból már Ohióba szállították a hulladékot. A híres New York-i szemétklerakó,  
a Fresh Kills, ami 2001-es bezárásáig egykor a Földünk legnagyobb hulladéklerakója  
volt, több mint ötven évig naponta 14 ezer tonna hulladékot fogadott. Helyén közpark  
létesült, a világváros hulladékát pedig elszállítják. Azt, hogy milyen problémát jelent-

het a hulladék-elhelyezés megoldatlansága, jól példázza Nápoly is. Itt 2008-ban már kormányzati intézkedésre volt szükség, és a „hulladék biznissz” maffia vonatkozásairól is szóltak hírek. Az utóbbi évtizedekben inkább a fejlődő országok milliós nagyvárosa-inak lett kritikus pontja a hulladék elhelyezés. A nagy népsűrűség miatti területhiány számos helyen okoz problémát. Találunk azonban olyan helyeket is a Földön, ahol a felszín látszólag értéketlen. Kuvaít például a sivatagban helyezi el hulladékainak egy részét, például a már használhatatlan gumiabroncsokat (8.4. ábra). A megoldás szinte szimbolikus: a hulladékproblémánál szinte „homokba dugjuk a fejünket” (a problémák elrejtésére használt mondásnak megfelelően).

b) A hulladéklerakók számtalan *környezeti kockázatot* jelentenek. Sokáig a környezetvédelmi szempontokat figyelmen kívül hagyó deponálás jelentősen szennyezte a felszín alatti vizeket, az időnkénti égetések veszélyes gázokat juttattak a levegőbe, a szemételepeken általános guberálás egészségügyi kockázatokkal járt (de például Mexikóvárosban kb. tízezer ember élt belőle). Az ipari fejlődés nyomán egyre több veszélyes anyag kerül a hulladéklerakókba. Szélsőséges példaként említhető, hogy 2010-ben radioaktív sugárzóanyag miatt halt meg egy ember (és többen megbetegedtek) egy Új Delhiben levő fémhulladék feldolgozóban. De vegyi anyagok, bakteriális fertőzések is veszélyeztetik a sok ezer hulladékválogatásból élő személy egészségét. Ezek többnyire lassabban fejtik ki hatásukat. Az utóbbi években viszont megsaporodtak a növekvő hulladékhegyek miatt kialakuló omlásból, csuszamlásból származó tömeges halálos balesetek. Csak néhány példa: 2000-ben Manilában legalább 31, 2017. februárjában Sri Lankán 32, 2017. márciusában Etiópiában 115, 2018 februárjában Mozambikban 17 fő halálát okozták a nem megfelelően kialakított hulladéklerakók. Ezekben az esetekben az ott guberálók, vagy a viskójaikkal a lerakók mellé települt szegények vesztették életüket<sup>213</sup>. 2016 májusában viszont egy szemételepen kialakult tűz oltásában résztvevő 4 tűzoltó halt meg Ukrajnában, a hulladékdomb összeomlása miatt. Ezek a szaporodó katasztrófák jól mutatják a hulladék-elhelyezések biztonsági hiányosságait.

Külön problémát jelentenek a bányavidékek és az ipari területek lerakói. Walesben (Aberfan) 1966-ban egy szakszerűtlen meddőhányó csuszamlása több, mint száz iskolás halálát okozta, de a 2000-es Tiszát sújtó cianid-szennyezés is egy bányavidék rossz „hulladék-elhelyezéséhez” kötődik.

c) A hulladékokban egyre több a nem lebomló és a veszélyes komponens, ugyanakkor jelentős a nyersanyagként újrahasznosítható anyag is. Ennek döntő szerepe van abban, hogy több országban már nem kényszerű feladatként, hanem nyersanyagként

<sup>213</sup> Egy-egy híradás az eseményekről: <http://www.bbc.com/news/world-asia-39607218>, <http://www.africanews.com/2017/03/16/ethiopia-death-toll-in-addis-ababa-rubbish-dump-landslide-rises-to-115/>, <https://abcnews.go.com/International/story?id=83209&page=1>, <https://www.independent.co.uk/news/world/africa/mozambique-rubbish-dump-collapse-kill-17-dead-heavy-rain-africa-a8217791.html>



tekintenek a hulladékokra. Kína két évtizedig a világ fő hulladék importőre volt. 2016-ban már 45 millió tonna fém-, papír- és műanyag hulladékot vettek át kb. 18 milliárd dollár értékben (csak az USA-ból 16 millió tonnát). Sajátos helyzetet jelentett ugyanakkor, hogy a kínai nagyvárosokban – így a napi 22 ezer tonna hulladékot termelő Sanghajban – alig volt hulladék-újrahasznosítás. A hulladékhasznosítás környezeti problémája, az újrahasznosítás imént említett ellentmondásossága és a 2013-ban elindított „zöldítési program” azt eredményezte, hogy 2018 elejétől Kína lényegében leállította 24féle hulladék importját (egyebek mellett a műanyag, a papír és a textil). Ezzel nemcsak saját országában, hanem a hulladékelexportáló országokban is gondokat okozott rövid távon, viszont hosszú távon környezettudatosabb megoldásokat kényszerített ki. A közeljövő nagy kérdése, hogy Kína mellett eddig a hulladékfeldolgozásban „másodrangú” országok (India, Vietnám, Thaiföld vagy Malajzia) megkísérlik-e betölteni a piaci rést, és a legnagyobb exportőrök (USA, Kanada, Egyesült Királyság, Németország) képesek-e viszonylag rövid idő alatt jelentős lépéseket tenni az újrahasznosítás terén. A fejlődő országok közül több követte az elmúlt időszakban Kína példáját, és több hajószállítmányt visszaküldtek az „exportáló” országoknak: például Indonézia Ausztráliába, a Fülöp-szigetek Kanadába.<sup>214</sup>

Az elmúlt évtizedekben jelentős átalakuláson ment át a hulladékok termikus megsemmisítésének (köznyelvben csak égetés) megítélése. A hulladékok égetésére 1874 óta (Nottingham) van példa, de igazán csak a beszükülő lerakó-kapacitások nyomán került előtérbe. Az égetés során keletkező mérgező gázok ügye csak rövid időre (a technológiai korszerűsítés idejére) bizonytalanította el alkalmazását, s a hulladékégetés ma már elterjedt Nyugat-Európában, az USA-ban és Japánban is. Az 1990-es évek vége felé azonban „képebe került” egy még korszerűbb termikus eljárás (az ún. plazma pirolízis), amely akár a jövő hulladékmegsemmisítési, hulladékhasznosítási módszere lehet. Európában Svédország jutott legelőrébb az energetikai hasznosításban, hiszen már évek óta több országból származó import szemetet is égetnek erőműveikben.

d) A környezetpolitika felértékelődött a hulladékgazdálkodásban. A hulladék-problémával először szembesülő fejlett országok már szükségzerű lépésekre kényszerültek. Példaértékűnek tekinthető Oregon állam (USA) 1986 óta érvényes hulladék-újrahasznosítási törvénye, amely az integrált hulladékgazdálkodás első példája. Ez minden 4000-nél népesebb település számára előírja a hulladék mennyiségi csökkentését (beláttatni a polgárokkal azt, hogy a legolcsóbb megoldás a kevesebb hulladék – megelőzés elve), a hulladékok újrahasznosítását (szelektív gyűjtés után), az anyagában közvetlenül nem hasznosítható anyagok feldolgozását, végső soron pedig az energetikai hasznosítást (égetés), csak az így képződő maradék kerülhet lerakásra.

<sup>214</sup> [https://index.hu/kulfold/2019/07/09/indonezia\\_ausztralia\\_szemet\\_vissza/](https://index.hu/kulfold/2019/07/09/indonezia_ausztralia_szemet_vissza/), <https://www.origo.hu/nagyvilag/20190523-szemethaboru-kanada-es-a-fulop-sziegetek-kozott.html>

A környezetvédelmi szabályozás országoként eltérő szigora globálissá tette a hulladékproblémát. A veszélyes hulladékok megsemmisítésének magas költsége arra „ösztönözte” azok tulajdonosait, hogy olcsóbb megoldást találjanak. Ez vezetett először a világtengerekben való lerakáshoz, majd a hulladékkereskedelemnek álcázott megoldásokhoz.

Az óceánokon úszó szeméttömeg problémáját, már korábban bemutattuk. A világ „teleszemetelése” problémáját – egy másik oldalról – jól érzékelteti az is, hogy 2000 óta már a Mount Everest hulladékoktól való megtisztítására is rendszeres akciókat szerveznek. Kína 2008 nyarán ismét bejelentette, hogy „kitakarítják” a Himaláját, egyúttal kötelezik a hegymászókat arra is, hogy összes felszerelésüket visszavigyék a túráról. Legutóbb 2018-ban 8, 2019-ben 11 tonna szemetet szállítottak le a csúcs környezetéből. Néhány éve már az Antarktison elszaporodó hulladékok problémájára is felhívták a figyelmet.

A műanyagok az utóbbi évtizedekben – viszonylagos olcsóságuk, sokrétű alkalmazhatóságuk miatt – mindennapjaink nélkülözhetetlen részei lettek. Termelésük 1960 óta több, mint 20-szorosára, de az utóbbi két évtizedben is közel kétszeresére nőtt. Legelterjedtebb a felhasználásuk csomagoló anyagként (Európában közel 40%), illetve az építőiparban (20%). A műanyagok ugyanakkor a kommunális hulladékokban dominálnak, ha nem is a tömegükkel, hanem a megjelenésükkel. A műanyag palackok és tasakok könnyű súlyuk, nagyobb kiterjedésük miatt a vízzel és a széllel is könnyen szállíthatódnak, miközben számtalan környezeti problémát okoznak (ahogyan bemutattuk már ezt a világtengernél is). Ez az oka annak, hogy országok (esetleg országrészek) sora hozott adminisztratív szabályozást használatuk korlátozására, betiltására. Afrikai országok sora vezetett be tilalmat a műanyag zacskókra – igaz nagyon különböző korlátozási és jogi következményekkel (pénzbírságtól több évi börtönbüntetésig). A példát sok európai ország is követte, igaz inkább enyhébb formában. A műanyag zacskókra való szigorúbb szabályozást hozott viszont Franciaország (2016), Románia (2019), Ausztria (2020) és majd Magyarország is (2021-től). A 2019 közepén elfogadott szabályozás szerint az EU is általános tiltást vezet be sok egyszer használatos műanyag eszközre (pl. szívószálak, fülpiszkálók, tányérok, evőeszközök, poharak, stb.).<sup>215</sup> 2020 elején Kína (a legnagyobb műanyag hulladék termelő) belföldön is jelentős lépésre szánta el magát, és az év végig a nagyvárosokban, 2022 végétől pedig az egész országban megtiltotta a műanyag szatyrok termelését, forgalmazását, emellett fokozatosan visszaszorítja az egyszer használatos műanyagok használatát.<sup>216</sup>

<sup>215</sup> Lásd például [https://index.hu/tudomany/2018/05/31/muanyag\\_szivoszal\\_zacsko\\_betiltas\\_europai\\_bizottsag\\_unio\\_kornyeztvedelem\\_biomuanyag/](https://index.hu/tudomany/2018/05/31/muanyag_szivoszal_zacsko_betiltas_europai_bizottsag_unio_kornyeztvedelem_biomuanyag/)

<sup>216</sup> <https://www.reuters.com/article/us-china-environment-plastic/china-moves-to-phase-out-single-use-plastics-idUSKBN1Z10CV>

Az UNEP 2018. végén átfogó összeggést készített az országok műanyag hulladékok elleni jogi szabályozásáról<sup>217</sup>. Ebben megállapították, hogy az elemzésbe bevont 192 ország közül (2018 júliusáig) 127-ben már különböző mértékű jogi lépések történtek. 91 országban például a műanyag zacskók gyártását, behozatalát és kiskereskedelmi forgalmazását korlátozzák. Ez azért is indokolt, mert az évente gyártott 5 billió zacskó mintegy 640 darabot jelent Földünk minden lakosára vonatkoztatva. A műanyag hulladékokkal kapcsolatos jogi intézkedések bemutatására több – némileg egymásnak ellentmondó – térképi feldolgozás is elérhető<sup>218</sup>. Ezekből az látható, hogy néhány nagyobb országban (pl. az USA, Kanada, Mexikó, Ausztrália) az egyes államok eltérő szigorral szabályoznak, mások a forgalmazásra kivetett adókkal (pl. hazánkban termékdíjjal), illetve a műanyag hulladékok kötelező gyűjtésével próbálnak meg eredményeket elérni. Az azonban általánosan megállapítható, hogy az országok egyre nagyobb mértékben lépnek fel az indokolatlan műanyag-felhasználás ellen. Többször elhangzik a „szemetben úszunk” kifejezés, melynek félelmetes példáját mutatta egy indonéz folyó, ahol a vizet sem lehetett a sok hulladéktól látni<sup>219</sup>, de itt a lakosság végre rájött, hogy el kellene takarítani a saját szemetét.

e) A hulladékok kapcsán komoly morális kérdést vet fel az élelmiszerek nagy mennyiségben való megjelenése a hulladékokban. A FAO egyik 2011-es jelentése szerint az ételnek kb. 1/3-a kerül a hulladékba, annyi, ami 3 milliárd ember ételmezését biztosíthatná – közben pedig 800 millió fő éheznek. A probléma súlyát mutatja, hogy már 2008-ban a brit miniszterelnök is felemelte a szavát a pazarlás ellen. Egy felmérés szerint ugyanis az Egyesült Királyságban évente 4,1 millió tonna fogyasztható étel-miszer kerül a szemétkébe (kb. 10 milliárd font értékben), de egy 2017. eleji értékelés már 7,3 millió tonna kidobott ételről és 13 milliárd fontról szólt. A FAO 2013-as, étel-miszer hulladékokra vonatkozó jelentése<sup>220</sup> szerint legnagyobb arányban az iparosított ázsiai országokban (Kína, Japán, Dél-Korea) a zöldség és gabonafélék kerülnek kidobásra (7,5-11%). Az egy főre jutó étel-miszer-vesztés Észak-Amerikában és Európában a legnagyobb. Összességében pedig a hulladékba kerülő élelmiszer CO<sub>2</sub> lábnyoma 3,3 Gt, amivel az országok rangsorában a 3. helyre kerülne (Kína és az USA után).

f) Komoly problémát jelentenek a világon a veszélyes (gyúlékony, reakcióképes, toxikus, korrodáló) hulladékok. A fejlett országokban napjainkban már jól szabályozott a környezetre veszélyes anyagok hasznosítása, a feleslegessé váló maradványok elhelyezése és megsemmisítése. Sok országban azonban még hiányos a szabályozás,

<sup>217</sup> [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27113/plastics\\_limits.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27113/plastics_limits.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

<sup>218</sup> Például: <https://www.economist.com/graphic-detail/2019/07/24/ever-more-countries-are-banning-plastic-bags> és [https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-out\\_of\\_lightweight\\_plastic\\_bags](https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-out_of_lightweight_plastic_bags)

<sup>219</sup> [https://index.hu/mindekozben/poszt/2019/08/03/nyomokban\\_folyot\\_tartalmaz/](https://index.hu/mindekozben/poszt/2019/08/03/nyomokban_folyot_tartalmaz/)

<sup>220</sup> Az értékelés elérhető: <http://www.fao.org/3/a-i3347e.pdf>, fontosabb kiemelt megállapításai pedig a <http://www.fao.org/save-food/resources/keyfindings/en/> címen.

illetve több országban a környezetvédelem érdemi megjelenése előtt elhelyezett veszélyes anyagok jelenthetnek nagyon komoly kockázatot. A veszélyes helyek feltérképezése és a szennyeződések megszüntetése minden országnak érdeke lenne, de ez komoly erőforrásokat igényel, és sajnos több helyen igyekeznek is ezeket eltitkolni. A Blacksmith Institute<sup>221</sup> már több mint egy évtizede rendszeresen összegyűjti a Föld legszennyezettebb helyeit<sup>222</sup>, és programokkal segíti a veszélyek felszámolását.

## 9. A nem megújuló természeti erőforrások korlátozottsága

A rohamos ipari fejlődés – amely jelentős népességnövekedéssel párosult – a természeti erőforrások sokáig kontrollálatlan kitermelését okozta, amit nem ritkán egyszerűen rablógazdálkodásként is szoktak minősíteni. Az emberiség rendelkezésére álló készletek és a felhasználásuk üteme közötti probléma (kimerülésük gyorsuló közeledése) az 1960-as évektől egyre nyilvánvalóbbnak látszott. Nem véletlen tehát, hogy számítások kezdődtek arról, mennyi ideig lehetnek elegendők a nélkülözhetetlen nyersanyagok. Először átfogóan a (3. fejezetben bemutatott) Meadows-modell próbált meg számszerűsítve is választ adni erre, és néhány nyersanyagnál igen gyors kimerülést prognosztizált. Az 1970-es évek gyors gazdasági növekedését figyelembe véve, a nyersanyagok felhasználását exponenciálisan növekvőnek számolva az arany, ezüst és cink 9-15, a kőolaj, földgáz és réz 20-22, az alumínium 31, a vas 91, a kőszén 111 évre lett volna elegendő, de ötszörös készletnél is csak 2-3 évtizeddel hosszabb időszakot kaptak eredményül. Ekkor főként a szénhidrogének és a nemesfémek tűntek a gazdaság szűk keresztmetszetének a következő időszakban. Ez alapján nem volt meglepő, hogy a kereslet-kínálat kapcsolat alapján igen rövid időn belül bekövetkezett a nyersanyag-árrobbanás<sup>223</sup>. Ez a gazdasági folyamat már alapvetően megváltoztatta a nyersanyag-felhasználás mértékét, majd egy újabb árrobbanás tartós visszaesést hozott a felhasználás növekedésének ütemében. A környezetvédelmi okok mellett a nyersanyagkészletek oldaláról is szorítóvá vált az újrahasznosítás, felvetődött a helyettesíthetőség kérdése, s egyre fontosabbá vált a technológiai fejlődés szerepe. Napjainkra már bebizonyosodott, hogy ebben a problémakörben jelentősen tévedett Meadowsék elemzése, de a problémát mégis komolyan kell venni.

<sup>221</sup> <http://www.pureearth.org/>

<sup>222</sup> Az 2016-os értékelés: <http://www.worstpolluted.org/docs/WorldsWorst2016Spreads.pdf>.

<sup>223</sup> Az igazság az, hogy az 1974-es első olajár-robbanás mögött politikai okok álltak: az arab olajtermelő államok a termelés visszafogásával akarták rávenni az USA-t, hogy ne támogassa Izraelt.

Az emberiség számtalan nem megújuló természeti erőforrást használ. Jelen kötet nem teszi lehetővé, hogy ezeket részletesen számba vegyük, csupán néhány fontosabbat, illetve olyat választottunk ki, amelyre az utóbbi évtizedben fokozottabb figyelem irányult.

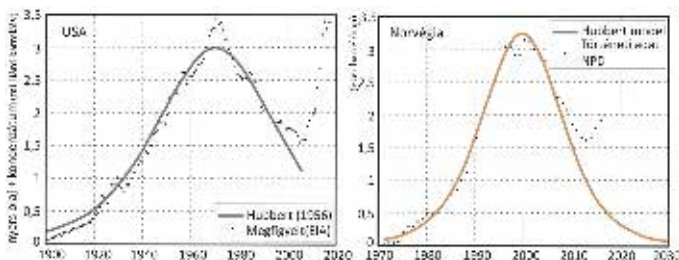
## 9.1. A kőolaj és a Hubbert-görbe

Az emberiség hajlamos hinni a csodában, és bízni a tudomány szerepében a jövőt illetően. *Nehezen vesszük tudomásul, hogy a Föld bőségszaruja véges*, és az általunk használt erőforrások egy része már a mi életünkben kimerülhet. Azt, hogy mennyire sebezhető jelen életvitelünk, jól érzékelteti a kőolaj, illetve bővebben a fosszilis energiahordozók példája.

Amikor M. K. Hubbert, a Shell világhírű geofizikusa 1956-ban kutatásaira alapozva megjósolta, hogy az USA kőolaj-kitermelésének maximuma 1970 táján be fog következni, komoly támadások keresttűzébe került. De ő minden nehézség, gúnyolódás, szakmai és politikai nyomás ellenére is kitartott véleménye mellett, ami másfél évtized múlva a gyakorlatban is beigazolódott – a csúcs 1971-ben volt. Az általa szerkesztett, kőolajra vonatkozó Hubbert-görbét pedig később a meg nem újuló erőforrásokra általánosabban is alkalmazható összefüggésnek tekintették.

De mire is jött rá Hubbert? Kutatási tapasztalatai és számításai alapján megállapította, hogy a kőolajtermelés időbeli alakulása egy haranggörbéhez hasonló függvénnyel írható le. A termelési görbe egy felszálló és egy leszálló ágra osztható. A kitermelés kezdetén, amikor felismerik, hogy egy jól hasznosítható termék jelent meg a piacon, és a rendelkezésre álló készletek korlátlan lehetőséget adnak a növekvő igények kielégítésére, a kitermelés exponenciálisan növekszik mindaddig, ameddig az igények és a kitermelés növekedése egyensúlyba nem kerül (ez a görbe inflexiós pontja). Ezt követően az igények kielégítését csak egyre újabb, nehezebben kitermelhető lelőhelyek felfedezése biztosíthatja, amit egyre nehezebben és egyre drágábban lehet megvalósítani. Így a kitermelés növekedési üteme fokozatosan csökkenni kezd, majd megáll (Hubbert-pont). Ezt követően már a tényleges termelés is esik. A leszálló ág kezdeti szakaszában a csökkenés mértéke kezdetben lassú, majd egyre intenzívebb lesz, és az inflexiós pontban éri el maximumát. Az utolsó szakaszban a kereslet fokozatosan mérséklődik, hiszen a készletek kimerülése miatt valamilyen más anyaggal (vagy más forrásból) kell helyettesíteni, majd a kitermelés fokozatosan nullává válik. Hubbert megállapításait később általánosították, és a globális kőolajtermelésre is alkalmazták. A görbe alakja ugyan a gazdasági és a geológiai különbségek miatt módosulhat, de alapigazsága általános érvényűnek tűnt. Jó példa lehet erre Norvégia is (9.1. ábra): amíg az USA esetében mintegy száz év telt el a kitermelés kezdete és az olajcsúcs között, ez

Norvégia esetében 30 év alatt zajlott le. (Az Egyesült Királyságban ez még rövidebb idő, 25 év volt.)



9.1. ábra. A Hubbert-görbe alkalmazása az USA és Norvégia kőolajtermelésére 2017-ig (Forrás: IEA)

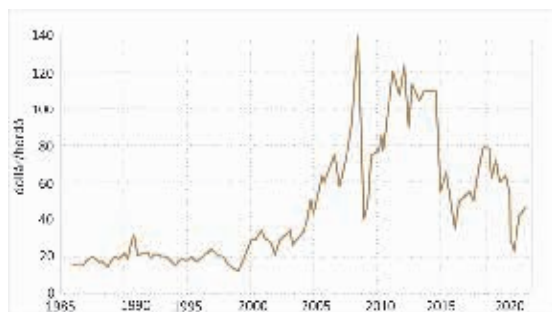
Természetesen az egyes országokra érvényes Hubbert-görbe konkrét vizsgálatok nélkül nem terjeszthető ki a globális kőolajtermelésre, bár logikája általánosítva is igaz lehet. A 2000-es évek elején már számos kutató, olajipari szakember (aki korábban kételkedett a görbe globális érvényességében) próbálta felhívni a világ figyelmét a globális kitermelés-csökkenés előbb-utóbb bekövetkező súlyos következményeire. A veszélyt küszöbönállónak érző kutatók, az ún. „korai tetőzés hívei” nemzetközi szervezetet alakítottak (ASPO<sup>224</sup>), és értékeléseiket folyamatosan közzé tették. Azt, hogy mi okuk lehet olajipari szakembereknek arra, hogy kétségeiket fogalmazták meg az olaj hosszabb távú jövőjéről, miközben a világ kőolajtermelése látszólag zavartalanul növekedett, Leggett foglalta össze magyarul is megjelent könyvében<sup>225</sup>. A legfontosabb érv az volt, hogy annak ellenére, hogy a kutatások módszerei és eszközei óriási fejlődésen mentek át a megelőző fél évszázadban, és az olaj iránti igény is dinamikusan nőtt, mégis az újonnan felfedezett készletek folyamatosan csökkentek. A kőolaj készletek felfedezésének csúcspontja 1965-ben volt, és az 1980-es évek eleje óta a felfedezések elmaradtak az éves kitermeléstől. Ekkor úgy tűnt, hogy a szuper nagy lelőhelyeket már több évtizede feltárták, a mélytengeri felfedezések csúcspontján is túl voltunk, s az olajkitermelés hatékonyságának jelentős növelésére sem lehetett számítani. (Ekkor úgy tűnt, az olaj-kitermelési csúcs időpontját illetően csak 2-3 évtized eltérés volt az ASPO prognózisa és az optimista becslések között – amelyek még további 2 billió barrel nagyságrendű ezután felfedezendő olajjal számoltak.) A 2000-es évek elején tisztában voltak azzal is, hogy az olajkészletek bővítésének to-

<sup>224</sup> Association for the Study of Peak Oil

<sup>225</sup> J. Leggett 2005: Half gone. (A fele elfogyott)

vábbi módja lehet a nem hagyományos készletek (olajpala, olajhomok) felhasználása. Ezekből óriási tartalékok állnak rendelkezésre főként Kanadában és Venezuelában. Az előzetes tapasztalatok szerint azonban ezek kitermelése nemcsak költséges, de jelentős környezeti kárral is jár. Ezeket a reménybeli készleteket ismerve a nagy olajtársaságok még legalább 4-5 évtizeddel számoltak az olajcsúcsig. Ha viszont ezek a nem konvencionális készletek gazdaságosan nem kitermelhetők, akkor globális léptékben az olaj-felhasználás csúcsidezőszaka közelébe jutottunk, hiszen hasznosítható készleteinknek kb. felét elhasználtuk.

A következő időszakról számtalan szakmai értékelés született. Bár jelen kötet szerzője nem kíván a részletekben elmerülni, az azonban elég jól látható, hogy 2005 tájától gazdasági és politikai manipulatív döntések sorozata határozta meg a kőolaj árát és kitermelését, és nem tisztán a gazdasági folyamatok. Innentől kezdve pedig a Hubbert-görbe törvényszerűségeit felülírta a napi gyakorlat.



9.2. ábra: A Brent kőolajár világpiaci árának alakulása havi átlagok alapján 1986–2020 szeptember  
(Forrás: Bottazzi 2016 és a Marketsinsider<sup>226</sup> adatainak felhasználásával)

Az, hogy mi történt, az olajár változásaival kell kezdeni. A 2000-es évek elején egy, a korábbiakhoz képest jelentősebb áremelkedés volt tapasztalható. Az 1990-es években jellemző 20 dollár körüli hordónkénti ár ugyan először 1999-ben 15 dollár alá esett, majd 2001 végére már 30 dollár fölött járt. 2002 végére újra 20 dollárra esett, majd innen hihetetlen emelkedésbe kezdett. Ezt az áremelkedést még 2005 elejéig meg lehetne magyarázni a szűkülő készletekkel és a növekvő kereslettel, azonban ami a következő 3 évben történt arra értelmes gazdasági indokot aligha találunk. 2008 nyarára (azaz három és fél év alatt) több, mint négyszeresére nőtt az ár (a Brent Crude Oil ára-

<sup>226</sup> Az utóbbi két évtized adatai elérhetőek: <https://markets.businessinsider.com/commodities/oil-price>

nak csúcsa július 11-én 147,5 dollár volt). Ezt követően pedig egy év alatt rövid időre 40 dollár alá esett, hogy azután 2012–2015 között tartósan 100 dollár felett alakuljon, majd újra jelentős áresés következzen be (2016 januárjában 29 dolláros mélypontra). Ezt követően 2018 októberére 86 dollárig emelkedett, majd 2019 második felében 58 és 68 dollár között alakult (9.2. ábra).

A 2008 tájára egekbe szökő olajárat – aligha vitathatóan – a viszonylag szűk nagytermelői kör hasznoszerzése mozgathatta. A 2008-2009-es évek változásai nyomán pedig eszünkbe juthatott Szaúd-Arábia egykori olajügyi miniszterének, Jamani sejk egy 2003-ban tett előrelátó kijelentése: *„a kőkorszak sem akkor ért véget amikor elfogyott a kő, és az olajkor sem akkor fejeződik be, amikor a világ kifogy az olajból”*.<sup>227</sup> Mert mit is eredményezett a hihetetlen áremelkedés?

Az ilyen magas árak két fontos irányban is lépésre kényszerítették a gazdaságot. Egyrészt meggyorsultak az energiaellátásban az olaj szerepét kiváltó technológiai fejlesztések (pl. szél- és napenergia hasznosítása), másrészt a korábban gazdaságtalanságuk miatt szinte szóba sem jöhető nem konvencionális kőolaj-termelési technológiák (olajhomok, olajpala hasznosítása, illetve a repesztéses technológiák). A megújuló energiák hasznosítása az olajpiac csökkenését, az új termelési eljárások pedig a kínálati oldal növelését eredményezték. Természetesen a jelentős áremelésnek a hétköznapi életben is látható következményei voltak: takarékoság, fogyasztás csökkenés<sup>228</sup>. Ennek talán leglátványosabb jele a gépkocsiforgalom visszaesése volt – igaz messze nem annyira, mint az 1974-es első „árrobbanás” idején.

A megújuló és ugyanakkor környezetkímélő energiák nagyobb léptékű bevonása azonban nem mehetett zökkenőmentesen. Egyrésztől nem jelentenek folyamatos ellátást (a napenergiánál az éjszakai, a szélnél a szélsőséges időszakok), amire hosszabb időtávon megbízható műszaki megoldásokat kell nagy volumenben is találni. Másrésztől a 2009-es nagy áresés a megújulóknál gazdaságossági és finanszírozási problémákat okozott, így több ilyen fejlesztés csődbe jutott. A nem konvencionális szénhidrogén-kitermelés viszont óriási lehetőséghez jutott az áremelkedéssel. Ha valaki végignézi az elmúlt két évtized olajkészleteinek évenkénti alakulását<sup>229</sup> megfigyelheti, hogy az „összes bizonyított tartalék” táblázatok alján hosszú évekig ott szerepelt a kanadai olajhomok, majd később a venezuelai Orinoco öböl, mint potenciális készletek. Ezeknek a valós készletekbe való beszámítása, majd a termelés megindítása, valamint a hidraulikus repesztés elterjedése (jelenleg még főleg az USA-ban<sup>230</sup>) új helyzetet

<sup>227</sup> Lásd: <https://www.economist.com/node/2155717>

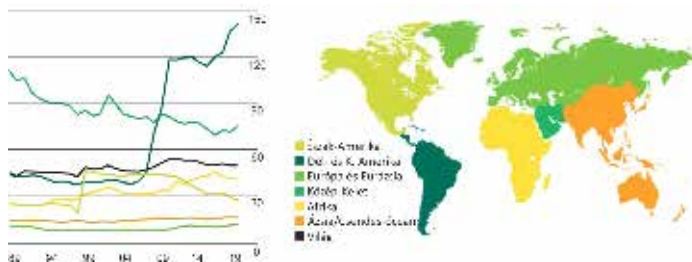
<sup>228</sup> Az OECD országok takarékoskodással reagáltak az árváltozásra, jól mutatja ezt egy ábra: <http://www.energyeconomist.com/a6257783p/world/outlook/graphs/small/coecd.gif>

<sup>229</sup> BP Statistical Review of World Energy éves statisztikái elérhetők bárki számára.

<sup>230</sup> Az ilyen típusú olajtermelés sikeressége sokban függ a geológiai körülményektől. Az USA-ban sikeresen alkalmazott technológia például – a készletek meglelte ellenére – nem járt eredménnyel hazánkban a tároló kőzetekben jellemző nagyon magas hőmérsékleti és nyomásviszonyok miatt.

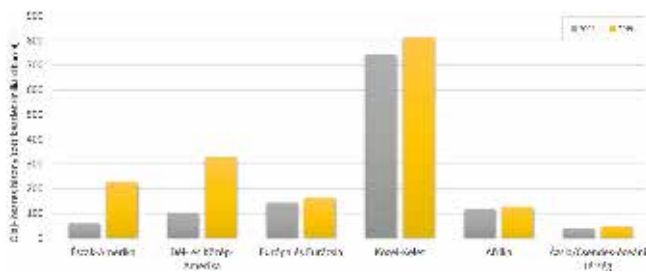


teremtett a piacon. Az amerikai kontinens mindkét részén ugrásszerűen megváltozott a készletek és a kitermelés aránya (9.3. ábra), és módosulás következett be a világkészletek területi megoszlásában is (9.4. ábra).



9.3. ábra. Hány évre elegendőek kőolajkészletek<sup>231</sup>  
a Földünk nagytérségeiben 1989–2019 (Forrás: 2020)

Az olajárak alakulása szempontjából meghatározó tényező lett az USA olajtermelésének növekedése, így ugyanis a legnagyobb kőolaj felhasználó ország egyre kevésbé függ az importtól, és 2005 és 2017 között harmadára esett annak importja (9.5. ábra). Látható ugyanakkor, hogy Kína importja ugyanezen időszak alatt duplájára nőtt, és nem véletlen, hogy minden lehetséges eszközt igyekszik felhasználni termelése növelésére. Bár volt olyan időszak, amikor az olajár jelentős esése miatt a drágább amerikai termelés visszaesett és olcsóbb volt importálni, ezeknek a készleteknek szinte bármikor termelésbe állítási lehetősége komoly „fék” lett az irreális világpiaci ár alakulásában.



9.4. ábra. A biztos olajkészletek mennyiségének változásai a Földünk nagytérségeiben 2009-ben és 2019-ben (milliárd barrel) (Forrás: BP 2020 adatainak felhasználásával)

<sup>231</sup> A mindenkori készletek és az éves felhasználás aránya



9.5. ábra. Az USA és Kína olajimportjának alakulása 1994–2017 (Stanley et al 2017)

2020 elején a koronavírus miatti gazdasági visszaesés valamint a Szaúd-Arábia és Oroszország közötti árháború a hús évvel korábbi szinte nyomta az olajárát. Az elmúlt másfél évtized ilyen szélsőséges áringadozásait sem a termelői költségek növekedése, sem a nagyobb mértékben beszűkülő kínálat, sem az áruszállítás problémái nem indokolták. Szerepet kapott viszont az árak befolyásolása miatti termelésesökkentés, néhány termelő átmeneti vagy részleges kiesése (közel-keleti háborús helyzet) vagy kizárása (pl. Irán nemzetközi szankciókkal való sújtásának részeként). Ezek azonban nem mindig voltak szinkronban az árváltozásokkal. A vírus olajra gyakorolt hatása azonban minden elképzelést felülmúlt. Először Kína olajkereslete csökkent (februárban és márciusban kb. 3 millió hordó/nap értékkel), majd amikor a járvány az iparilag fejlett európai államokra és az USA-ra is áttért, a kereslet „bezuhan”<sup>232</sup>. (A globális olajkereslet március és május folyamán 11-17 millió hordó/nap értékkel esett – ekkor már főként az USA és Európa lecsökkenő igényei miatt.) Ennek következményeként az olajár globális szinten 20 dollár/hordó értékre esett vissza. Az USA-ban még ennél is nagyobb áresés alakult ki: korábban soha nem tapasztalt módon negatívvá vált az olaj ára egy időszakra. 2020. április 20-án a WTI olajár -37,6 dollár/hordó értékre zuhan.<sup>233</sup> Ennek hátterében műszaki okok állnak, hiszen következmények nélkül egy olajkutató nem lehet úgy elzárni, mint egy vízcsapot. A termelés leállítása és újraindítása sokkal költségesebb lett volna, mint ilyen kedvezőtlen áron megszabadulni a feleslegesen kitermelt nyersanyagtól. Ennek a rövidebb időszaknak azonban hosszabb távú következményei vannak a világ olajpiacán. Mint korábban írtuk, az USA döntően nem konvencionális technológiákkal tudta olajtermelését jelentősen növelni az utóbbi évtizedben, amit viszont csak bizonyos ár (legalább 50-60 dollár/hordó) felett

<sup>232</sup> <https://www.ig.com/en/news-and-trade-ideas/oil-tanker-stocks-could-surge-if-lockdowns-continue-200417>

<sup>233</sup> Lásd pl.: <https://www.bbc.com/news/business-52350082> és <https://globalriskinsights.com/2020/05/making-history-coronavirus-and-negative-oil-prices/>

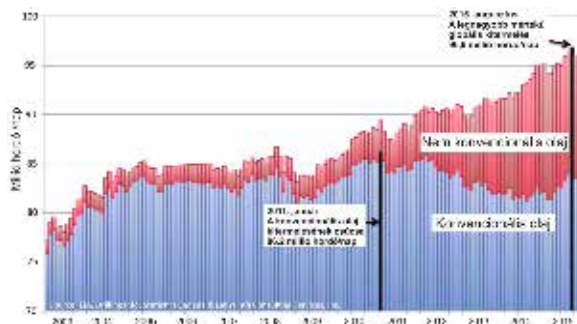
lehet gazdaságosan üzemeltetni. Ugyan a 2020. évi átlagár 30-40 dollár/hordó körül alakult (a 2019-es 64 dollár/hordós helyett), de november elejétől 2021. február elejéig 37 dollárról 60 dollár fölé emelkedett. A semmiből gyorsan felfutó nem konvencionális termelés tehát „kapott egy nagy gyomrost”, de ha a tendencia nem fordul vissza, mégsem kell „kiszámolni”. Ettől függetlenül a szaúdi–orosz „olajcsata” és a Covid-19 hatásának legnagyobb vesztese az USA olajtermelése lett.

A korábbinál olcsóbb és több nagyobb kőolajkészlet az emberiség számára kedvezőnek tűnhet, azonban számos kedvezőtlen globális következménnyel jár. Ha tovább elég a kőolaj, egyre többet használva tovább növeljük az üvegházgázok mennyiségét. Az olajhomok és a venezuelai nehézolaj<sup>234</sup> kitermelése jelentős környezeti szennyezéssel jár (illetve járhat). Az újonnan felfedezett készletek elaltatják a közvéleményt, és az emberek továbbra is kiapadhatatlan olajkészleteket vizionálnak. Pedig véleményem szerint az ASPO korábbi logikái érvelése helytálló, csak időközben kiderült nagyobb készletekre kell alkalmazni a Hubbert-görbét. Mert miről szólt az ASPO talán legfontosabb megállapítása: több, mint két évtizedig több olajat használt az emberiség, mint amit felfedezett. Egy mindenki számára érthető analógiával: ha berakunk a kamránkba például néhány tucat tejes dobozt, és minden héten többet fogyasztunk el, mint amennyit vásárolunk, akkor előbb-utóbb kiürül a kamra. Ha időközben újra vásárolunk egy nagyobb mennyiséget, az nem jelenti azt, hogy utána már korlátlanul fogyaszthatunk. Az elmúlt másfél évtized új felfedezései és a korábban gazdaságtalannak tartott készletek termelésbe vonása csak némileg kitolják a kőolaj rendelkezésre állásának időpontját, de a készletek kimerülésére sor fog kerülni. Ez változatlan felhasználás mellett ma kb. fél évszázad, ahogyan azt az 9.3. ábrán láthattuk. Valószínű az is, hogy fognak még újabb jelentős készleteket felfedezni. Az északi jégtakaró csökkenése újabb tenger alatti területeken teszi lehetővé a kitermelést. (Itt Oroszország látszik lépéselőnyben lenni.) Talán az sem véletlen, hogy az ASPO is megszüntette tevékenységének korábbi fő irányvonalát, bár több regionális egysége ma is végez elemzéseket.

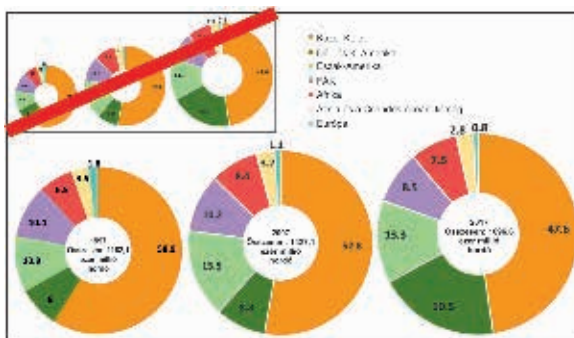
Napjainkban nagyon úgy tűnik, hogy a Hubbert-görbe érvényessége sok ország esetében érvényes, de a világtermelésre érvényes változatát csak néhány évized múlva (a hozzávetőleg végleges készletek ismeretében) lehet elkészíteni. Jelenlegi ismereteink szerint az USA nem hagyományos készletei még legalább egy-két évtizedig képesek a termelésnövekedést biztosítani (ha a világpiaci árak indokolják a folyamatos kitermelésüket). A jövő fontos kérdése, hogy a megújuló energiák milyen ütemben lesznek alkalmasak a kőolaj energetikai szerepének csökkentésére.

<sup>234</sup> Vannak olyan becslések, hogy az Orinoco folyó deltavidékén feltárt extrém nehézolaj mennyisége a jövőben akár a Földünk összes könnyűolaj készletével is vetekedhet. Kérdés, hogy mit tud majd kezdeni vele az ország. Az ország saját kitermelésben gondolkodik jelenleg, de a kitermelés nagyobb léptékű felfuttatásához hiányosak az erőforrásai.

Arra, hogy a „gondatlan olajok” nem tart örökké több jel is utal. A konvencionális olajkészletek kitermelése úgy tűnik elérte a csúcspontját (9.6. ábra). Már egy évtizede mintegy 60 olajtermelő országban csökkenőben van a kitermelés, és napjainkban a mintegy negyven nagy termelő 2/3-a vagy már elérte a termelés csúcspontját, vagy annak közelében van. Több esetben felmerült a gyanú, hogy túlbecsülték a valós készletek nagyságát, ez Szaúd-Arábia esetében<sup>235</sup> lenne legnagyobb hatással a világkészletekre. Megtérítendő lehet a BP Statistical Review-k készletváltozásokat szemléltető ábrája is, ami jelentősen felnagyítja az új felfedezések miatti készletváltozásokat (9.7. ábra).



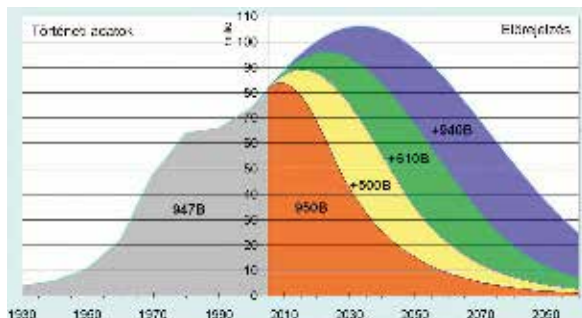
9.6. ábra. A konvencionális és nem konvencionális kőolaj kitermelésének alakulása 2003–2015  
(Forrás: Heinberg 2018)



9.7. ábra. A Föld kőolajkészleteinek régiónkénti arányai 1997 – 2007 – 2017  
(a BP 2018 ábrája kicsiben, és annak területarányosan újraserkesztett változata)<sup>236</sup>

<sup>235</sup> Lásd: <https://www.theguardian.com/business/2011/feb/08/saudi-oil-reserves-overstated-wikileaks>

<sup>236</sup> A BP az ábrákon a készleteket a kör sugarának változásával mutatja be, ami a körök területében négyzetes változást okoz. Azaz úgy a készletek nem területarányosak.



9.8. ábra. A kőolaj optimista világkészletei alapján valószínűsíthető Hubbert-görbék (Forrás: Ruen 2005)<sup>237</sup>

Az, hogy hogyan alakulnak majd a felfedezések és a felhasználás, több tényező befolyásolja. De fogadjunk el a 2-3 milliárd barelles készletnövekedést, és vázoljuk fel a készletnövekedésekkel módosuló Hubbert-görbéket (9.8. ábra). Ez azt mutatná, hogy ugyan a napjainkban felhasznált évi olajmennyiség még akár négy évtizedre is biztosított lesz, de a kitermelési csúcs akár két évtizeden belül bekövetkezhet.

Az eddig tapasztalt olajárrobbanások közül a legnagyobb gazdasági problémát az 1979-1980-as okozta (iráni forradalom, majd Irak-iráni háború). Ekkor rövid idő alatt 13-ról 34 dollárra ugrott az olaj ára – pedig a konfliktusok miatt csak 4%-ot csökkent a globális termelés. Hiány esetén jön a hiánypsichológia, a hisztérikus felvásárlás, tartalékolás. Az eddigi árrobbanások súlyosabb világgazdasági következményein általában egy – többnyire az OPEC által koordinált – termelésnövelés segített. De azt, hogy hogyan jelentkezik a hiánypsichológia, ha már nem lehet jobban megnyitni az olajcsapokat, még nem tudjuk. Ha nem készülünk rá (mindegy, hogy ez jövőre, vagy netán 20 év múlva is lesz) komoly gazdasági világválságot okozhat.

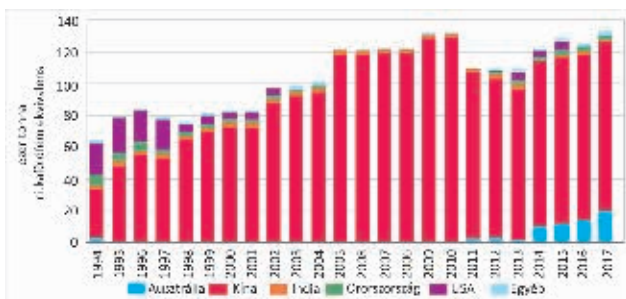
## 9.2. Ritka földfémek

Hosszú időn keresztül az emberek többsége azt sem tudta, hogy vannak ritka földfémek<sup>238</sup> (sőt valószínű ez még ma is igaz). A helyzet azért érdekes, mert napjainkban szinte mindenki minden nap használ olyan eszközöket, amikhez nélkülözhetetlenek

<sup>237</sup> Az ábrán levő számok a becsült készleteket jelzik (milliárd barellben), a skála pedig a napi várható olaj-termelést mutatja (millió barell/nap).

<sup>238</sup> Ezek nem szerepeltek a Meadows-féle elemzésben a meg nem újuló nyersanyagok között.

ezek az elemek. Az okostelefonok, egyes elektrotechnikai eszközök, LCD kijelzők<sup>239</sup> (TV-k, monitorok), vagy a számítógépek merevlemezei nélkülözhetetlen alkotóelemei készülnek a 17 kémiai elemet tartalmazó ritkaföldfém elemcsoport felhasználásával.



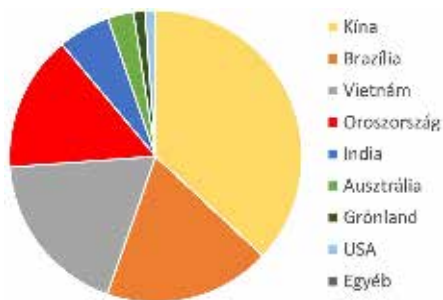
9.9. ábra. A ritkaföldfémek bányászatának országokénti megoszlása 1994–2017  
(Forrás: King 2017 ábrája<sup>240</sup> kiegészítve)

Ezek a nyersanyagok akkor kerültek a figyelem középpontjában, amikor 2010-ben Kína bejelentette, hogy az év második felétől előbb 70%-kal csökkenti a ritkaföldfém exportot, majd 2011-től további csökkentést hajtottak végre. De miért is okozott ez akkora problémát a világban? Ha röviden akarunk válaszolni: a világgazdaság globalizációja miatt. Hogy megérthessük a hátteret, vissza kell utalnunk a bevezető fejezetünkre, a globalizálódó világgazdaság néhány sajátosságára. Ennek fontos jellemzője, hogy egy-egy nyersanyag (vagy termék) termelésében a világpiaci ár a meghatározó. Ha valaki drágán tud termelni (pl. geológiai adottságok, drága munkaerő, szigorúbb környezeti szabályozás miatt) az kiszorul a piacról, ha van, aki nála olcsóbb. Ez történt itt is. Az 1980-as évek közepéig az USA uralta az akkor 30 ezer tonna körüli világpiacot. Ekkor jelent meg (az olcsó munkaerőre és a lazább környezetvédelemre alapozva) Kína a piacon, és az 1990-es évek közepétől már dominálja azt, miközben az USA termelése gyakorlatilag megszűnt (9.9. ábra), hiszen a 2010-es évek elején újraindított termelése is visszaesett a bányavállalat csődje miatt. Igaz Ausztrália termelése 2012 és 2017 között 3200 tonnáról 20 ezer tonnára nőtt, de ez még így is alig ötöde a jellemzően 100-125 ezer t közötti kínai termelésnek, és a többi termelő együttes bányászata a 9 ezer tonnát sem érte el 2017-ben.

<sup>239</sup> Ha valaki nem tudta, miért a kínai háttérű cégek uralják ezen termékek piacát, akkor ezek alapján már nem fog csodálkozni.

<sup>240</sup> Elérhető: <https://geology.com/articles/rare-earth-elements/>, a 2017-es adatok forrása: <https://www.statista.com/statistics/268011/top-countries-in-rare-earth-mine-production/>

A 2016-ben ismert készletekben (121 millió tonna) is Kína állt az első helyen, de dominanciája nem olyan nagy, mint a jelenlegi termelésben. Brazília, Vietnam, Oroszország, India, Ausztrália, de még az USA is számottevő tartalékokkal rendelkezik (9.10. ábra). A készletadatok ismeretében némileg meglepő, hogy kínai cégek külföldön is terjeszkednek: az ausztráliai termelés felfutásában is az játszott fontos szerepet, hogy 2009-ben egy kínai vállalat többségi részesedést szerzett egy ausztrál bányavállalatban, de Zambiában is terjeszkednek.



9.10. ábra. A Föld 2016-ban ismert ritkaföldfém készleteinek országokénti megoszlása (King 2017 adatai alapján)

A ritkaföldfémek példája mindkét oldalról (termelő – fogyasztó) hosszú távú tanulságokkal szolgál. Egyes vélemények szerint Kína monopol helyzetét kihasználva egyértelműen nagyobb gazdasági haszonra törekszik. Kína viszont a nagyon környezetszennyező bányászat és feldolgozás költségeit is szeretné beépíteni az árba, emellett próbálja az illegális bányászatot is visszaszorítani. De azt is láttuk már, hogy politikai eszközként is bevetették a stratégiai termék terén levő monopol helyzetüket. Amikor 2010 szeptemberében egy kínai halászhajó legénységét japán vizeken a parti őrség letartóztatta (egy olyan szigetcsoporthoz közelében, amire mindkét ország igényt tart), Kína leállította a Japánba irányuló ritkaföldfém-exportot<sup>241</sup>. Mindez jól mutatja a nyersanyagok stratégiai szerepét a jövőre vetítve. Az USA oldaláról is komoly tanulsága lehet a történetnek. Joggal vetődik fel a kérdés, megengedheti-e magának a világ legnagyobb gazdasága, hogy kiszolgáltatott legyen (bármiben, de különösen) egy stratégiai nyersanyagban/termékben egy gazdasági/katonai vetélytársának? Szabad-e mindent a világgazdaságra bízni, vagy kritikus területeken a gazdaságosságát félretéve önellátásra kell törekedni, hasonlóan a haditechnikához (hiszen esetünkben például a ritkaföldfémeknek ott is, és több stratégiai ágazatban is szerepe van)?

<sup>241</sup> Egyes források szerint a Toyota Prius hibrid autóinak akkumulátoraihoz évente közel 10 ezer tonna ritkaföldfémre van szükség. Az ügy kapcsán a SONY is panaszt tett a WTO-nál.

### 9.3. A homok

Amikor 1996-ban Szingapúrban a szigetállam part menti homokos területfeltöltéseit láttam, nem gondoltam, hogy a 21. század első évtizedeinek nyersanyag „toplistájának” csúcsa felé igyekvő nyersanyagdombokat látok. Az elmúlt két évtizedben azonban a homok az egyik legkeresettebb nyersanyag lett, annak ellenére, hogy Földünk felszínének jelentős területeit sivatagok borítják. De miért is lett annyira fontos a homok, hogy nemzetközi forgalma 2000 óta több, mint háromszorosára nőtt?

Világszerte ismertek olyan bölcs mondások a feleslegesen végzett tevékenységekre, mint: „vizet hordani a tengerbe”, vagy „homokot vinni a sivatagba”. És láss csodát! A sivatagban épült Dubai, vagy a több, mint 2 millió km<sup>2</sup>-nyi sivataggal rendelkező Szaúd-Arábia is homokot importál. Ennek oka, hogy a homok és homok között óriási különbség van. A sivatagi apró szemű, lekoptatott homok a legfontosabb építőipari és ipari felhasználásra nem alkalmas.

A homok iránti kereslet több ok miatt is megnőtt. Földünk egyes tájain óriási léptékű városi építkezések és útépítések zajlanak, de az ipari tevékenységek igénye is nő. Egyes források<sup>242</sup> szerint Kína az utóbbi négy évben több homokot használt fel, mint az USA a teljes 20. században. Egyre több homokot igényel az idegenforgalom (homokos tengerpartok létesítése) és a repesztéses technológiájú köolajtermelés, valamint a mesterséges szigetek létesítése is. A homoktermelésre és a nemzetközi forgalmára nagyon eltérő adatokat találunk<sup>243</sup>. Ennek oka, hogy sokszor nem súlyadatokat, hanem a forgalom költségének adatait közlik, illetve nagyon jelentős az illegális kitermelés is. Megbízhatónak tekinthető forrás szerint a homokkitermelésben Kína és az USA jelentősen kiemelkedik az országok közül (9.11. ábra). Az ábrán látható, hogy a homok iránti igény várhatóan a közeljövőben is hatalmas mértékben növekszik, miközben a kitermelés egyre nagyobb környezeti károkat okoz.

Egy 2014-es UNEP jelentés szerint a homok- és kavicsbányászat együtt az összes bányászat 85%-át teszi ki.

A homokkitermelés egyik leglátványosabb környezeti következménye Indonéziában zajlik, ahol 2005 óta legalább két tucat sziget tűnt el, így biztosítva Szingapúr területi bővülését, ami fél évszázad alatt már 24%.<sup>244</sup> Jelentős mennyiségű homokot használt fel Kína is, mivel néhány korábban jelentéktelennek tűnő zátonyt komoly

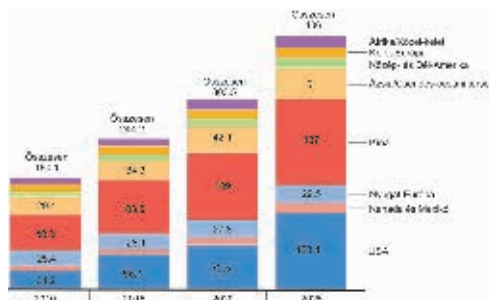
<sup>242</sup> Lásd: <http://business.financialpost.com/commodities/alarm-bells-ringing-globally-as-world-begins-running-out-of-sand> — 2017. szeptember

<sup>243</sup> Ennek bemutatására egy példa: Kambodzsa statisztikái 2007 és 2015 között 3 millió tonnás homokexportot mutattak. Az ENSZ kereskedelmi adatbázisában viszont Szingapúr 70 millió tonnás importot jelentett Kambodzsa felől erre az időszakra.

<sup>244</sup> Az ország területe 1965-ös függetlenné válása óta a feltöltések hatására 2019 végére 581 km<sup>2</sup>-ről 725,7 km<sup>2</sup>-re nőtt.



infrastruktúrájú szigetté fejlesztett a Dél-Kínai tengeren<sup>245</sup>, a jól megfontolt terjeszkedése részeként.



9.11. ábra. A világ homokbányászata és annak várható alakulása 2010–2025 (millió tonna)(Forrás: Freeman 2017, a Freedonia Group alapján)

Délkelet-Ázsia tengerhez közel levő mezőgazdasági területein komoly gondot okoz a szikesedés, amit a folyótorkolatokhoz közeli mederből való illegális homokbányászat okoz. A száraz évszak során ugyanis egyre több sós tengervíz jut be a folyókba (pl. a Mekongba). A homokkitermelések mértéke többfelé már olyan nagyságú, hogy úrfelvételeken is látványosak következményeik<sup>246</sup>.

A kitermelések súlyosan érintik az élővilágot (élőhelyek megszűnése, invazív fajok terjedése), de környezeti kockázatot jelent a folyók megnövekvő eróziója is.

A homokbányászatnak komoly társadalmi következményei is vannak. Indiában pl. a Gangesz vidékén homokmaffia tevékenykedik. Kenyában korábban a folyók homokmedre száraz időszakban is biztosított vizet a napi élethez, a kitermelt homok helyén maradt kőzet viszont már nem víztartó, így vízhiány alakul ki.

Ha azt hinnénk, hogy az illegális homokkitermelés Európát nem érinti, nagyot tévedünk. Szardínia szigetének szép homokos partjain olyan méreteket öltött a turisták homok lopása, hogy az ennek megakadályozására született törvény szerint akár 3000 eurós büntetés vagy hatéves börtön is kiszabható a károsítókra.

Bár a homok a kőzetek aprózódásával folyamatosan képződik, annak mértéke nagyságrenddel kisebb a felhasználásnál, így a globális készletek folyamatos csökkenése figyelhető meg.

<sup>245</sup> Lásd: <http://www.bbc.com/news/world-asia-32331964>

<sup>246</sup> A Jangce medrében jól látható a homokkitermelés hatása a NASA képpárján a képek határának elmozdításával: <https://www.smithsonianmag.com/science-nature/world-facing-global-sand-crisis-180964815/>

## 9.4. Meddig lesz még elegendő nyersanyagunk?

Az előzőekben bemutatott néhány nyersanyag kiemelt szerepe miatt került kicsit részletesebben bemutatásra. Az, hogy a következő 1-2 évtizednek mi lesz a sláger nyersanyaga, még nem tudhatjuk. A lítium, a kobalt jó eséllyel pályázik ezen a listán, de lehet, hogy eddig alig ismert elemről derül ki valami fontos tulajdonsága.

A régóta használt nyersanyagaink sem végtelen készlettel rendelkeznek. Az, hogy melyik meddig lesz elegendő, természetesen a készletek mellett a jövőbeli felhasználásuktól is függ, ez rendszeresen visszatérő témája az elemzéseknek. Az egyik legközönségesebb nyersanyagunk, a szén sokáig kimeríthetetlennek tűnt, például a Meadows-féle elemzésben is az egyik legtovább rendelkezésre álló nyersanyagnak tartották (111-150 év). Viszont a szén ipari léptékben legkorábban felhasználó Angliában már 1984-re elhasználták a készletek 90%-át. Egy néhány éve készült elemzés<sup>247</sup> szerint erre világszinten 2072 táján kerülhet sor – de a Hubbert-görbe sajátosságát ismerve, a termelési csúcs legalább két évtizeddel korábban eljöhethet.

Vészesen fogy az ezüst, amit ma már nemcsak ékszerként, hanem például nanotechnológiával kombinálva hatékony fertőtlenítő anyagnak hasznosítanak. Készletei a mai felhasználási ütemmel kb. 20 évre elegendőek, s újrahasznosításukra törekedni kell. A fogyasztás jelenlegi szintjén a kevésbé ismert indium készletek is gyorsan kimerülhetnek.

A ma még közönséges fémként használt alumínium kitermelése akár 2035 körül elérheti a csúcst, és 2065 táján már kimerülőben lehetnek a készletei. Megoldás itt is az újrahasznosítás, vagy a ma még meddőbe kerülő gyártási melléktermékek jobb technológiával való feldolgozása lehet. A vasérc 10-20 éves késéssel követheti az alumíniumot, a megoldás az újrahasznosítás lehet.

Ha a fenti becslések csak közelítőleg is igazak, akkor a Föld ma élő népességének jelentős része szembesülni fog a tömeges nyersanyaghiánnyal, és az újrahasznosítás elkerülhetetlenségével. Igaz, az ércек jelentős részénél is remélhető „nem konvencionális” megoldásként a tengerfenéken található ásványi koncentrációk begyűjtése. Ennek jeleként japán kutatók 2018 elején bejelentették, hogy több száz évre elegendő ritka-földfém készletet találtak a Csendes-óceán mélyén.

<sup>247</sup> Moyer & Storrs 2010: How Much Is Left? The Limits of Earth's Resources. Scientific American.

## 9.5. A nyersanyagtermelés környezeti ára

Amikor egy üzemnek vagy egy személynek szüksége van valamilyen alapanyagra vagy termékre, nem sok figyelmet fordít arra, mi annak a környezeti ára. Sajnos a környezetben okozott károk csak elvétve épülnek be az árba (erre később a 19.2. fejezetben utalunk), aminek súlyos környezeti következményei vannak napjainkra és a jövőnkre is. A hatásokra csak néhány példán keresztül utalunk.

A bányászat akár hegyeket is eltüntethet teljes ökoszisztémájával, erdőket tarol le, tájsebeket hagy maga után, sokszor alig helyrehozható szennyezésekkel. A kanadai olajhomok kitermelésének példája jól mutatja a sokrétű hatást.<sup>248</sup> A kőolajból és földgázból leválasztott kénből épített „Albertai Nagy Kénpíramis” térfogata meghaladja a nagy Gizai piramisé<sup>249</sup>. A német lignitbányászat pedig jól mutatja a környezeti problémák országonként eltérő megítélését. Németország az atomenergia visszaszorítása mellett döntött, helyette fokozza a külszíni lignitbányászatot, ami nemcsak az üvegházgáz kibocsátását növeli, de jelentős tájsebeket okoz.<sup>250</sup> Ez még akkor is komoly problémákat jelent, ha a táj rehabilitációját szakszerűen végzik el. A bányászattal együtt járó felszínroncsolás különösen elterjedt a gazdaságilag hátrányosabb helyzetű országokban, ahol a rehabilitációval nem is foglalkoznak.

A mélyművelésű bányák gyakran okoznak (akár évtizedekkel később) felszíni beszakadásokat. Szemléletes példáját mutatja ennek a Szibériában található Solikamsk-ban megnyílt óriási üreg<sup>251</sup>, vagy Louisianában a sóbányászat következményeként kialakult, erdőrézletet is magába szívó víznyelő<sup>252</sup>. A cementgyártáshoz nemcsak hegyeket bányásznak le, hanem annak előállítása és felhasználása a világ üvegházgáz-kibocsátásában is szerepe van (lásd 5.23. ábra).

A tengeri kőolaj-kitermelés is esetenként nagy környezeti kárt képes okozni. A 6.2.2. fejezetben már említett „Deepwater Horizon” 2010-es katasztrófája a nagy kár mellett az BP olajtársaság által kifizetett több mint 65 milliárd dolláros kártérítésével is kiemelkedik<sup>253</sup>.

<sup>248</sup> A [http://index.hu/nagykep/2012/11/05/az\\_olajert\\_irtjak\\_a\\_termeszetet\\_kanadaban\\_cimen\\_talalhato\\_kepvalogatás](http://index.hu/nagykep/2012/11/05/az_olajert_irtjak_a_termeszetet_kanadaban_cimen_talalhato_kepvalogatás) (magyar képaláírásokkal) jól illusztrálja a következményeket.

<sup>249</sup> <http://cosmobiologist.blogspot.com/2016/03/the-yellow-sulfur-pyramids-of-canada.html>

<sup>250</sup> Erről meggyőződhetünk, ha beírjuk az Internetes keresőbe a következőt: german lignite mining.

<sup>251</sup> <https://www.express.co.uk/news/weird/538775/Giant-Mystery-Sinkhole-Solikamsk-Siberia-Russia>

<sup>252</sup> <https://inhabitat.com/video-24-acre-louisiana-sinkhole-swallows-whole-trees-in-30-seconds/>

<sup>253</sup> <https://www.theguardian.com/business/2018/jan/16/bps-deepwater-horizon-bill-65bn>

## 10. Az atomenergia hasznosítása és következményei

A hasadó anyagok energetikai és hadászati célú hasznosításával a Föld országainak kisebb része foglalkozik, mégis a nukleáris anyagok hasznosítása globális környezeti problémát jelent. Egy-egy atomerőmű-baleset vagy atomrobbantás hatása ugyanis nagy távolságra eljut a légkörben, és sajátos veszélyességénél fogva aligha tekinthető egyes országok magánügyének.

Az atomenergia gyakorlati hasznosítása elég sajátos pályát ír le. A II. világháborúban bemutatkozott, mint egy új generációs elrettentő fegyver. Ezen a téren gyakorlatilag töretlen karriert futott be a hidegháború végéig. A világháborút követő időszak két atomnagyhatalma olyan mértékű nukleáris fegyverarzenált halmozott fel, amely sokszorosan elegendő lett volna a Föld lakosságának (és az élővilág jelentős részének) megsemmisítéséhez. Miután azonban az atommonopólium megszűnt, és egyre több ország lett birtokosa ennek a hatékony fegyvernek, valamint a Szovjetunió szétesése további bizonytalanságokat eredményezett, a nagyhatalmak erőfeszítéseket tesznek azért, hogy további elterjedésüket megakadályozzák.

### 10.1. Az atomenergia polgári célú hasznosítása

Az atomenergiát a polgári alkalmazásban először a kifogyónak ítélt, nem megújuló energiaforrások tiszta helyettesítőjének tekintették (pedig tudták, hogy az uránérc a nem megújuló nyersanyagok közé tartozik), az utóbbi években pedig a megújuló energiák mellett a karbonmentes energiatermelés egyik lehetőségeként számolnak vele.

Az első energetikai célú reaktorokat az 1950-es évektől üzemeltetik, és közel három évtizeden át töretlennek tűnt az atomenergia karrierje (10.1. ábra). Látszólag a csernobili katasztrófa volt az, amely megtörte rohamos növekedését. Az igazság azonban inkább az, több jele volt annak, hogy mégsem ez a jövő energiája – csak ezek kevésbé kaptak nyilvánosságot. Csernobil tulajdonképpen azt tette világossá az átlagember számára is, hogy még a békés célú hasznosítás is óriási környezeti és biztonsági kockázatot jelent (bármilyen szándékos külső – például terrorista – beavatkozás nélkül is). Ez kétségtelenül törést hozott a további fejlesztésekben, de nem jelentette azok végét. Az utóbbi két évtized atomerőmű-fejlesztései azonban arra sem voltak elegek, hogy az atomenergia megtartsa részesedését a villamosenergia-termelésben (az 1990-es évek 17%-os arányról 2020 elejére 10,5%-ra csökkent).



10.1. ábra. Az atomerőművek által termelt villamos energia nagysága és részesedése a világon 1971–2019 (Forrás: IAEA)

2021 januárjában<sup>254</sup> a világ 32 országában 442 atomerőmű (ennyi az önálló blokkok száma) működött, 53 felújítás alatt volt, 106 pedig tervezés fázisában volt (köztük két olyan országban is, ahol eddig nem hasznosították). Számos ország villamosenergia-termelésében meghatározó szerepére fejlődött a nukleáris energia. 2019-ben 10 országban nagyobb volt az aránya 30%-nál (10.1. táblázat). A kapacitások 80%-ával 8 ország rendelkezik; közülük is kiemelkedik az USA a maga közel 25%-ával. A következő időszak legjelentősebb fejlesztéseit Kína, Oroszország, India és az USA készítette elő.

Az atomenergia hasznosítása során több környezeti probléma merül fel. A kezdeti probléma a radioaktív anyagok tulajdonságainak hiányos ismerete: nem ismerve egészségügyi hatásaitak óvatlanul, illetve felelőtlenül alkalmazták. Aki egy kicsit is érdeklődött a téma iránt, láthatta azokat a korabeli felvételeket, amelyeken az első atomrobbantásokat figyelik viszonylag közlelről, vagy amelyeken annak lehetünk tanúi, amikor a II. világháború végét követően amerikai hadihajókat vezényelnek teljes legénységgel a csendes-óceáni kísérleti robbantások közelébe, azt vizsgálva milyen hatása lesz annak az emberekre. Jól mutatja a bizonytalanságot, hogy még az 1990-es évek elején is jelentősen szigorítani kellett a sugárterhelés egészségügyi határértékét.

Egy másik, s talán napjainkban a legnehezebben megoldható környezeti probléma az erőművekből és kutatási célú reaktorokból származó *nagyaktivitású használt fűtőelemek*, sugárzó anyagok biztonságos elhelyezése lett. Egy átlagos reaktorból évente kb. 27-30 tonna nagy- és 200-350 m<sup>3</sup> kis- és közepes aktivitású sugárzó hulladék kerül ki. Az atomerőművekben 2018 elejéig kb. 370 ezer tonna nagyaktivitású hul-

<sup>254</sup> Az aktuális adatok elérhetőek: <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/world-nuclear-power-reactors-and-uranium-requirement.aspx>

ladék keletkezett, amiből 120 ezer tonnát újra feldolgoztak (reprocessing). Mára többé-kevésbé kiderült, hogy teljesen veszélytelen elhelyezési megoldás nincs. Ráadásul a sugárzó anyagok biztonságos elhelyezésére hosszú időn keresztül kevés figyelmet fordítottak. Az 1980-as évekig jellemző példa volt, hogy azokat a világtengerek meghatározott részein egyszerűen elsüllyesztették. Ezen a tipikusan „szőnyeg alá söprési” gyakorlaton még az érvényes nemzetközi megállapodások után is csak a Greenpeace környezetvédelmi mozgalom tiltakozására, és a tevékenység képi dokumentálása hatására változtattak.

10.1. táblázat. A legjelentősebb atomenergia-hasznosító országok  
(Forrás: WNA és IAEA<sup>255</sup>)

Atomerőmű kapacitások (MW) (2020. szeptember)		Az atomenergia részesedése az ország villamosenergia-termelésében (%) 2019	
USA	97154	Franciaország	70,6
Franciaország	61370	Szlovákia	53,9
Kína	46518	Ukrajna	53,9
Japán	31679	Magyarország	49,2
Oroszország	28437	Belgium	47,6
Dél-Korea	23172	Bulgária	37,5
Kanada	13554	Szlovénia	37,0
Ukrajna	13107	Csehország	35,2
Egyesült Királyság	8923	Finnország	34,7
Németország	8113	Svédország	34,0
Svédország	7740	Örményország	27,8
Spanyolország	7121	Dél-Korea	26,2

Vélhetően a legjobb megoldás az olyan geológiai szerkezetekben való elhelyezés lenne, amelyek földtörténeti léptékben is nyugodtnak tekinthetők (azaz földrengésektől, tektonikai mozgásoktól mentesek), tömörek (azaz a szivárgó vizek nem szállíthatják onnan tovább az elemeket). Ezt azonban egyszerű leírni, de nagyon nehéz a több szempontnak megfelelő helyet találni. Legjobban talán az bizonyíthatja ezt, hogy a nagy területű Egyesült Államokban is egyetlen ilyen helyet találtak (a nevadai Yucca-hegységben), de ennek kapcsán is jelentős társadalmi ellenállásba ütköztek. *A földtani képződményekbe való eltemetés* ugyanis kimondatlanul is *nem más, mint-hogy kalkulált kockázatvállalás* történik (földtörténeti léptékben ugyanis még rövidebb időszakban is nehéz kizárni a geológia mozgások előfordulását). Éppen az imént említett Yucca-hegységbeli lerakó kapcsán derült ki, hogy egy közeli vulkán nem 270

<sup>255</sup> <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/NuclearShareofElectricityGeneration.aspx>

ezer éves, hanem kevesebb, mint 20 ezer. Az pedig ugyancsak alig biztosítható, hogy a mélyben létesítendő lerakók ne érintkezessenek szivárgó vizekkel.

A harmadik fő probléma az üzemelés biztonsága. A nukleáris létesítmények sem lehetnek kivételek a Murphy-féle törvények alól: ha valami meghibásodhat, az meg is fog – pláne ha ember működteti.

## 10.2. Nukleáris balesetek

A sugárzó anyagok hasznosításával kapcsolatos veszélyek kapcsán szinte csak az atomerőművek baleseteire gondolunk, de ez csak egy – kétségkívül a legismertebb – része a kockázatoknak. Az atomenergia hasznosítása során látványos mérföldkönek bizonyult az 1986-os csernobili katasztrófa. Valójában ez irányította rá a figyelmet több sokáig eltitkolt balesetre is. Ezek nagyobb részéről ma sem beszélünk, pedig nem egy-két eseményből áll a ma már ismert lista<sup>256</sup>.

1948-ban a hanfordi atomkísérleti központból (USA, Washington állam) egy elszabadult radioaktív felhővel 5500 curie sugárzású jó d 131-es izotóp távozott. Erről az első sugárzási balesetről a lakosságot nem tájékoztatták, mivel még nem tudtak annak veszélyességéről. (Az eseményt csak 38 évvel később, 1986-ban hozták nyilvánosságra.)

1952 májusában és 1953 márciusában a Windscale (Nagy-Britannia) újrafeldolgozójából nagy mennyiségű plutóniumot juttattak az Ír-tengerbe, egyszerűen csak ezért, hogy megvizsgálják, milyen hatása van. Ugyanitt 1957-ben egy többnapos tűz során jelentős mennyiségű radioaktív anyag került a levegőbe.

1957 szeptemberében az Uralban, Szvedlovszktól délre, egy atomhulladék-tározó robbanása nyomán 30 falu pusztult el. A robbanás olyan mértékű változásokkal járt, hogy több tónak megszűnt a kapcsolata az oda betorkolló folyókkal. Egy, az 1970-es években az USA-ba emigrált tudós szerint több száz halálos áldozata is volt a robbanásnak, más források viszont csak 11 ezer ember végleges kitelepítéséről szólnak. Egyes források szerint, vélhetően az Ural keleti részén a kistimi atomkísérleti területen is történt egy jelentős katasztrófa.

1966 tavaszán súlyos robbanás volt Kína Góbi-sivatagbeli atomfegyver üzemében. Több mint 20 dolgozót szállítottak Pekingbe orvosi kezelésre. Az eseményt 1983-ban hozták nyilvánosságra.

1978 januárjában Tihange (Belgium) atomerőművéből üzemzavar nyomán jó d 131-es szabadult fel, mintegy 80 személy kapott sugárfertőzést. Ugyancsak 1978-ban a

<sup>256</sup> A műholdas távérzékelés előtti időszak számos nukleáris balesetét el lehetett titkolni, hiszen azokra nem volt megfelelő bizonyíték. Svédországban már a csernobili baleset előtt is több balesetre utaló sugárzási szintet mértek a Szovjetunió felől, de ezekről nem adtak ki tájékoztatást.

Platteville (USA, Colorado állam) atomerőmű hűtőrendszerének meghibásodása nyomán a radioaktív gáz 15 dolgozónál okozott egészségkárosodást.

Csernobilt megelőzően a legnagyobb atomerőmű baleset 1979-ben, a Three Miles Island (USA, Pennsylvania állam, Harrisburg) erőmű katasztrófája volt. Az eset során részleges reaktormag-olvadás történt, és egy szelep törése nyomán radioaktív gőz is keletkezett. 200 ezer embert kellett kitelepíteni, s a sugárzás növekedését 36 km távolságban is észlelték. Az épület azonban nem szenvedett olyan mértékű kárt, hogy jelentősebb mennyiségű radioaktív anyag távozzon. A kár nagysága így is kb. 2 milliárd dollár volt. 1985-ben újra üzembe helyezték, de egy hibás szelep alig két hónappal később radioaktív anyagot engedett a szabadba.

1983 júliusában a volgodonszki (Szovjetunió) reaktorgyárban volt súlyos baleset. 1985 októberében bezártak egy walesi atomerőművet (Tranwysfynydd), miután a turbina-épület kigyulladt. 1986 januárjában egy Oklahoma állambeli uránfeldolgozóban túladagolás miatt felhasadt egy tartály, egy ember meghalt, 26-an megsérültek.

Így jutottunk el 1986. április végéhez, a *csernobili katasztrófához*. A baleset oka egy üzemelés-technológiai kísérletre vezethető vissza, melynek nyomán az erőmű 3. számú blokkjában robbanás keletkezett, tűz ütött ki, és a reaktormag megolvadt. Az erősen megromosodott épületből 10 napon keresztül sugárzó anyagok széles skálája (a legveszélyesebbek a jód-, a stroncium- és a cézium-izotópok) jutott nagy távolságra, és okozott jelentős sugárterhelést Európa távoli tájain is. Az eltávozott sugárzó anyag mennyiségét 7 tonnára, sugárzási hatását 50 millió curie-re becsülték. A sugárzó anyag terjedése és kiüledése a változó szélviszonyok következtében igen különböző volt: 100 km-es körben is mértek 15-szörös különbséget. Az eseményt előbb titkolózás, később pedig a tényleges probléma alulbecslése jellemezte. Jól jellemzi ezt, hogy a korabeli adatok 31 halotról, 130 ezer kitelepítettéről és mintegy 3 milliárd \$ kárról szóltak, s hosszú távon akár százezer körüli halálessettel kalkuláltak. A 15-20 évvel később készült mértéktartó elemzések szerint közvetlenül 50 fő halála bizonyított, és a statisztikai elemzések alapján további mintegy 4000 személy halálozása és közel 150 ezer ember rokkanttá nyilvánítása köthető egyértelműen a balesethez<sup>257</sup>. (A hosszú időtávú halálozásra nagyon bizonytalan adatokat közölnek.) Az előzőeken túl a becsült közvetlen kár nagysága 11 milliárd \$, a közvetett pedig 32-128 milliárd \$ közötti érték. Tartósan (akár több mint száz évig) szennyezettnek tekinthető mintegy 10500 km<sup>2</sup>. 2016-ban, EU-s támogatással a beomlással fenyegető, felrobbant reaktorblokk fölé emelt betonszarkofág fölé egy legalább száz éves biztonságot nyújtó újabb szarkofágot emeltek.

2000-ben Japánban egy uránfeldolgozóban (Tokaimura) volt baleset, ahol a fűtőanyagok gyártása során, a túladagolás miatti robbanásban 2 ember halt meg.

<sup>257</sup> A katasztrófáról készült filmsorozat főként annak társadalmi vonatkozásait hangsúlyozza.



A 2011. márciusi Fukushima-i atomerőmű baleset a nemzetközi szervezet skáláján, a Csernobilihez hasonló, legsúlyosabb 7 fokozatúnak lett minősítve. A baleset kiváltója egy igen erős (9,1 Magnitúdós) földrengés keltette 15 méter magasságú cunami volt, ez tönkretette 3 reaktor hűtőrendszerét, ami zónaolvadáshoz vezetett. Későbbi vizsgálatok megállapították, hogy a cunami jóval nagyobb volt, egyes partszakaszokon a 40 métert is elérte. (Ennek oka, hogy a földrengés hatására a Japán árokba csúszott a tengerfenéken egy kb. 2 km vastag 20x40 km-es közettömeg, ami többszörözötte a cunami hatását.) Így bár a balesetet emberi hibának – a környezeti kockázat rossz értékelésének – minősítették, valójában a természeti folyamatok szerencsétlen sorozata kellett hozzá.

A fukusimai balesetben – a hivatalos források szerint – a csernobili sugársszennyeződésnek kb. 15%-a került ki<sup>258</sup> az erőműből (közvetett jelek alapján valószínűsíthető, hogy ennél több), komoly környezeti probléma, hogy ennek egy jelentős része a tengerbe jutott. A cunami áldozatainak száma közel 20 ezer (15700 halott, 4600 eltűnt személy), az atomerőmű balesetben közvetlen haláleset nem volt. A későbbi elemzések azonban azt mutatták ki, hogy a közvetett halálozások száma akár az ezret is meghaladhatja.

Bár kevesebb figyelem irányult rájuk, más polgári alkalmazások során is történtek sugárfertőzéssel járó balesetek. 1958 októberében a Belgrád melletti vincai atomkutató intézetben keletkezett üzemzavar, egy kutatási reaktor ellenőrizhetetlenné vált, miközben jelentős neutron- és gammasugárzás keletkezett.

A 1962-ben Mexikóvárosban egy tízéves kisgyerek ipari röntgenkészülékből kikerült sugárzó anyagot (cobalt-60 kapszula) talált, amit hosszabb ideig a zsebében tartott, majd lakásukba vitte azt. A fiú egy hónap múlva meghalt, három családtagja pedig a következő hónapokban.

1990-ben Zaragozában orvosi kezelés során, sugárzás túladozása miatt 11-en meghaltak és legalább 17-en károsodtak. 1996-ban Costa Ricán következett be hasonló, orvosi kezelési műhiba. A 114 érintett beteg közül 13-an meghaltak. 2001-ben Panamaváros Onkológiai Intézetében hibás orvosi kezelés miatt 28 beteg sokszoros dózisu sugárzást kapott, aminek következtében 17-en meghaltak, a többiek egészségkárosodást szenvedtek.

A közvélemény máig úgy gondolja, hogy a csernobili katasztrófával kezdődött az óvatosabb gondolkodás az atomenergia jövőjéről – pedig tévedünk, hiszen több fontos döntés már korábban megszületett. Az USA-ban, 1976-ban Kalifornia állam (majd további 7) moratóriumot hozott arról, nem adnak ki új építési engedélyt atomerőműre, amíg a hulladék-elhelyezés problémája meg nem oldódik. Ausztria 1978-ban nép-

<sup>258</sup> A 2011. júniusi jelentések szerint 770 PBq-nyi sugárzó anyag került ki, amit később 570 PBq-re csökkentek.

szavazással döntött a már elkészült első reaktora (Zwenterdorf) üzembe helyezésének megtiltásáról, majd éppen az ukrainai katasztrófa hatására 1986-ban az osztrák kormány a lebontást is elhatározta. 1980-ban Svédországban népszavazás nyomán arról határoztak, hogy 12-ben maximálják a reaktorok számát, majd 2010-re megszüntetik az atomenergia-felhasználást. Dániában 1985-ben parlamenti döntés született az atomenergiáról való teljes lemondásról. Csernobil hatására 1986-ban Fülöp-szigetek kormánya is az ausztriai példát követte, és nem állította üzembe az elkészült első reaktorát.<sup>259</sup>

Csernobil elsősorban azokat az országokat bizonytalanította el, amelyek még nem rendelkeztek reaktoral, ennek hatására az atomerőművel rendelkező országok száma lényegében nem nőtt (számszerű növekedést főként a Szovjetunió szétesése miatti országok közötti megosztás hozott). Az atomenergia-nagyhatalmak felemásan reagáltak. Franciaország, Japán és a Koreai Köztársaság jelentős fejlesztéseket végzett, az USA fejlesztett, de a korábbi tervekhez képest visszafogottabban, Nagy-Britannia már inkább racionalizált, a kevesebb reaktoral rendelkező országokra inkább a szinten tartás lett a jellemző. Svédország több fázisban felülvizsgálta a korábbi terveit. Az atomenergiáról való fokozatos lemondás helyett – a világpiaci folyamatok és a klímaváltozás elleni környezeti szempontok miatt – először 1997-ben a működő reaktorok üzemidejének meghosszabbítását tették lehetővé, majd erőmű-korszerűsítésekkel párhuzamosan több erőművet bezártak. Egy 2015-ös döntés szerint 2020-ra újabb 4 erőmű bezárására kerül sor. Németországban az utóbbi két évtizedben több fordulat is volt az atomerőművek jövőjével kapcsolatban. Az 1990-es években több erőmű építését abbahagyták, és az 1998-as választásokat követően a fokozatos felszámolást tűzték ki célul. 2009-ben azonban a korábbi bezárási terveket felülbírálták (ebben egy hideg tél miatti nagyobb energiaigény is szerepet játszott), majd 2011-ben a fukusimai baleset hatására 8 reaktort mégis azonnal leállítottak. A jelenlegi tervek szerint több, az 2030-as évekig üzemelésre tervezett erőművet 2022-ig leállítanak. Ennek viszont az a következménye, hogy Németországban 40% fölött van a szénből előállított villamosenergia aránya, 2020 nyarán is új szénerőművet indítanak. Mindeközben a légszennyezőbb erőműveknek több, mint 1100 fős halálozási többletet tulajdonítanak.

Külön történet Olaszország esete. Itt 1963–1978 között 4 atomerőművet is működésbe állítottak, de a csernobili baleset után, egy 1987-es népszavazást követően ezeket 1990-ig bezárták.<sup>260</sup> 2008 táján az olasz kormány ismét kísérletet tett az atomenergia hasznosítására, azonban a fukusimai szerencsétlenséget követő népszavazás során 2011 júniusában az olasz választók erre ismét határozott nemet mondtak.

<sup>259</sup> Fülöp-szigetek kormánya 2007-re fizette ki a soha nem működő erőmű költségeit, de a 2000-es években már többször felvetődött üzembe helyezésének terve. Legutóbb 2017-ben a ROSATOM 3-4 milliárd dollárra becsülte a beüzemelés költségeit, azonban nem csak az ár lehet riasztó, hanem a Pinatubo vulkán 1991-es robbanásának erőssége is.

<sup>260</sup> Egy erőművet már 1982-ben bezártak.

Célszerű néhány mondatban megemlíteni Japán történetét is. A II. világháború országot ért atom traumája után, 1966-tól működött az ország első atomerőműve, 1973-tól pedig – az energiahordozókban való szegénység miatt – stratégiai prioritást kapott az atomenergia hasznosítása. A fukusimai baleset előtt részesedése a villamosenergia-termelésből 30% felett volt. A szerencsétlenséget követően az összes erőművet leállították, műszaki felülvizsgálatnak vetették alá, és fokozatosan többségüket újra működésbe állították (2021 januárjában már 33 volt működőképes), az ezekből származó energia aránya azonban a WNA adatai szerint 2017-ben még csak 4%, 2019-ben 7,5% volt. A hosszú távú tervekben Japán továbbra is számol az atomenergia hasznosításával, 2030-ban az elektromos áram legalább 20%-át ebből a forrásból tervezik.

Minden eddig bemutatott környezeti kockázat ellenére, könnyen előfordulhat, hogy az atomenergia hasznosítása újabb lendületet vesz a nem is távoli jövőben. A fosszilis energiahordozók készleteinek kimerülési problémája ugyanis új megvilágításba helyezi ezt a kockázatos energiaforrást. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) mértékadó becslése szerint 2030-ig akár meg is duplázódhat az atomenergiával termelt áram mennyisége. Nagyon úgy tűnik, hogy a vezető gazdasági hatalmak politikusai újra ebben látják a jövő energiáját, és az energiahíánytól való félelem a társadalmak környezettudatosságát is elaltatja. Nagyon feltűnő, hogy egy-egy nagyobb atomerőmű- baleset után előjön a félelem, ami később fokozatosan meg is szűnik. Érdekes ugyanakkor, hogy Fukushima hatása sokkal gyorsabban felejtődik el, mint korábban Csernobilé.

Az atomerőművek biztonsági kérdéseire a jövőben mindenképpen több figyelmet kell fordítani. Több erőmű létesítésekor alulbecsülték a geológiai kockázatokat (például Fukusimában is). Van ahol az építés biztonsági „alulméretezése” most is fenyvegető. Leginkább veszélyesnek az örményországi atomerőmű tűnik. Ezt 7 M-es erősségű földrengésekre méretezték, és az 1988-as (legalább 25 ezer áldozattal járó) földrengés után le is állították, de 1995-ben újraindították az energiahíány miatt. A tervezett 2016-os leállítását tíz évvel elhalasztották, mivel Oroszország segítségével felújították, és 2019-ben az ország villamosenergia-termelésének közel 28%-át biztosította. Több USA-ban levő erőmű is veszélyes tektonikai zónában van.

Vannak olyan érvek is az atomenergia hasznosítása mellett, amelyek a hasznosítás veszélyességét összehasonlítják a hagyományos energiahordozók hasznosítása során fellépő kockázatokkal. Csernobil bizonyítható áldozatainak száma kb. 4000, ha ehhez hozzávesszük Fukushima közvetett áldozatait, valamint az energetikai hasznosítás során a világban az elmúlt bő fél évszázad alatt meghalt további 20-30 személyt, valamint a nem megfelelő egészségügyi alkalmazásokban meghalt közel száz főt, akkor ez kb. 6000 ember. Ez jóval kevesebb, mint ahányan a kínai és indiai szénbányászatban évente meghalnak. És akkor még nem beszéltünk a szénalapú energiahordozókból a levegőbe kerülő üvegház gázok káros környezeti hatásairól. Ilyen aspektusban joggal vethető fel: biztosan az atomenergia hasznosítása a veszélyesebb az emberiségre? (Igaz, a korábban bemutatott környezeti hatásait – pl. nagy aktivitású radioaktív hulladékok – is mérlegre kellene tenni.)

### 10.3. A nem polgári hasznosítások és következményeik

Sokáig teljes titoktartás övezte a sugárzóanyagok katonai alkalmazását, s ma is csupán szórványos információink vannak az ilyenek környezeti hatásairól. Legátfogóbb következményük a légköri atomrobbantásoknak volt, hiszen szennyezésüket a globális szélrendszerek miatt gyakorlatilag az egész Földön észlelték. A hidegháborús időszakban az ún. atomszorompó-egyezmény 1963-as megkötéséig egyre nagyobb volt a légkör radioaktív-tartalma (főként a stroncium 90 és a cézium 137 izotópok). Az azt követő időszakban az egyezményt nem aláíró Kína (Belső-Ázsiában) és Franciaország (a Csendes-óceán térségében) végzett még évekig légköri robbantásokat.

Elsősorban az előállító ország számára jelentett környezeti kárt a nukleáris anyagok termelése, feldolgozása. Nem tévedünk azonban nagyot, ha azt mondjuk, hogy ebben a hadászati célú alkalmazásban a környezetvédelem nem sokat számított. Az USA-ban százra becsülhető azon telephelyek száma, ahol komoly környezeti károkat okozott az atomfegyverkezés. Csupán a Columbia folyó melletti telephelyek mintegy 379 ezer m<sup>3</sup> folyékony, nagy aktivitású sugárzó anyagot bocsátottak a folyóba, melynek becsült aktivitása 1,1 milliárd curie volt.

A másik atomnagyhatalom, a Szovjetunió sem maradt el a rossz példákkal. A Cseljabinszk 40 elnevezésű létesítmény által a közeli folyóba eresztett szennyezés 1500 km-re, az északi Jeges-tengerben is jól kimutatható volt. A Karacsaj-tó pedig a leírások szerint a Föld legszennyezettebb tava volt, miután ide engedték a sugárzó anyagokat. A tó partján egy órányi séta elegendő a halálos sugáradaghoz még ma is. 1967-ben egy szeles nyári napon, amikor a tó medre éppen száraz volt, a szél 75 km távolságra is elvitte a radioaktív port, 41 ezer ember sugárfertőzését okozva. (Ehhez az üzemhez kapcsolódik a már ismertetett 1957-es baleset is.)

A környezeti kockázat természetesen nem áll meg a gyártási folyamatnál. Mintegy 220 tengeralattjáró és óceánjáró üzemel atomenergiával. Legalább hat olyan baleset ismert, amelyben atom-tengeralattjáró süllyedt el, s egyedül az orosz Kurszk az, amit felszínre is hoztak. Nagyon komoly veszélyt jelentenek az atom-tengeralattjárók kimerült fűtőelemei. A Szovjetunióban bevett gyakorlat volt ezek elsüllyesztése Novaja Zemlja partjainál, illetve egy részük a Murmanszk környéki kiselejtezett hajókon várja jobb sorsát. Egy 2002. novemberi hír szerint orosz kutatók már 237 elsüllyesztett radioaktív konténert (jelenős részben tengeralattjárók reaktorát tartalmazó szarkofágot) azonosítottak a Kara-tengeren. Több mint érdekes az a történet is, hogy csupán az USA repülőgépei legalább tíz atombombát hagytak el gyakorló repüléseik során – nagyobb részüket valahol saját országukban elveszítve.<sup>261</sup>

<sup>261</sup> Lásd pl. <http://mentalfloss.com/article/17483/8-nuclear-weapons-us-has-lost>

Máig jelentős biztonsági kockázatot jelentenek a Szovjetunió szétesése során egyes bizonytalan sorsú atomfegyverek. Túl azon, hogy ezek jó ötletet szolgáltatnak akciófilmekhez, vannak olyan összefüggései, amivel számolni kell. Például egy ismeretterjesztő film készítői a probléma után nyomozva feltárták, hogy az átmeneti helyzet idején akár 80-nál több, aktatáskányi méretű kb. egy megatonnás „atomtáska” is eltűnt. A film azt sugallja, hogy az egykor rövid ideig Jelein utódnak tartott (azóta légibalesetben elhunyt) Lebegy tábornok éppen azért lett kegyvesztett, mert ennek szeretett volna utánajárni.

Legutóbb 2019. augusztus elején, Oroszország északnyugati területén (Arhangelszk megye) történt katonai kísérletekhez kapcsolható radioaktív szennyezés, azonban ennek igazi okáról még keveset tudunk.

A felsorolt példák kiragadottak és vélhetően csak a jéghegy csúcsai. Alig valószínű, hogy hasonló események nem fordultak elő a másik oldalon, vagy más atomfegyver-fejlesztéseket megvalósító ország esetén. És akkor még nem szóltunk az alkalmazásokról, ami Hirosimával kezdődött. A hidegháború csúcspontján összesen mintegy 60 ezer atomrakétával rendelkeztek a nagyhatalmak. Az azóta végrehajtott csökkentések a környezetünk jövője szempontjából még nem jelentenek szignifikáns változást<sup>262</sup>. Jellemző, hogy éppen az atomháború fenyegetettsége miatt, még az 1980-as évek során is globális környezeti következményként egy atomháború nyomán előálló „nukleáris tél” jelenségét tárgyalják a szakkönyvek. Egy ilyen, az emberiség egészére tragikus kihatással levő esemény persze értelmetlenné tenné az egyéb környezeti hatások vizsgálatát. A biztató éppen az lehet számunkra, hogy miközben az atomhatalmak felelősségérzete növekedni látszik, már lehet gondolkodni a környezetvédelmi következményekben is.

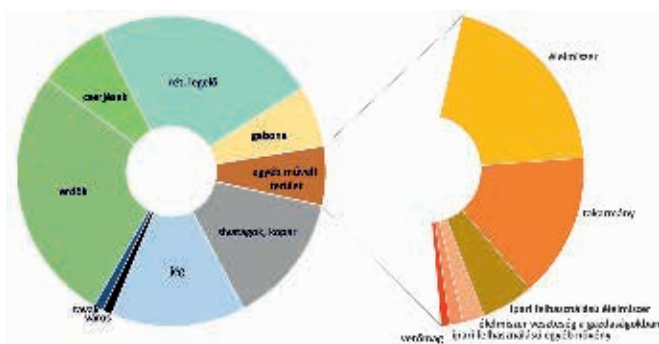
## 11. A talaj mint véges, de megújuló természeti erőforrás

Az emberiség jövője szempontjából kiemelt szerepe lesz annak, miként tud élni a megújuló természeti erőforrások adta lehetőségekkel. Ezek egy részét (termőföld, édesvizek) évezredek óta hasznosította anélkül, hogy számolt volna azzal a veszéllyel, hogy nem megfelelő használatukkal veszélyeztetni azok megújulását. Amíg ezek bőséggel álltak rendelkezésre, kevés figyelmet kaptak. A gyorsan növvő népesség és a

<sup>262</sup> A Stockholmi Nemzetközi Békakutató Intézet (SIPRI) jelentése szerint 2018 elejéig 14 465-re csökkent az atomtöltetek száma a világban. A csökkentés mellett azonban az atomhatalmak töretlenül folytatták nukleáris arzenáljuk modernizációját. A két legnagyobb atomhatalom (Oroszország és az USA) együtt a világ nukleáris fegyvereinek 92%-át birtokolja (6850 és 6450 atomtöltet).

modern technika „melléktermékének” számító környezetszennyezés nyomán azonban mind gyakrabban vetődtek fel gondok.

A sok évszázad során képződő termőföld az emberiség élelmezésének legfontosabb feltétele és kiemelt szerepet kap további szükségletek (ipari alapanyag, biüzemanyag, stb.) kielégítésében. A hozzá kapcsolódó gondok három hatással jellemezhetők: a művelhető területek korlátozottsága, a környezeti problémák (például szennyezés, degradáció) és az urbanizáció nyomán jelentkező termőterület-csökkenés, illetve az egy főre jutó termőterületek nagyságának folyamatos csökkenése.



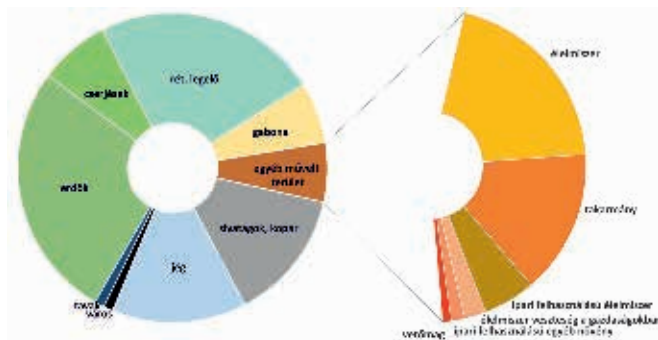
11.1. ábra. A Föld szárazföldi területének hasznosíthatóság szerinti megoszlása<sup>263</sup>

A szélsőséges természeti adottságok miatt a Föld szárazföldi területének alig több mint egyharmada (35%) használható közvetlen mezőgazdasági termelésre (szántók, rétek, legelők), 27%-ot pedig erdők borítanak<sup>264</sup>, a többi terület érdemi mezőgazdasági hasznosításra nem alkalmas (sivatagok, beépített, magashegységi és jéggel borított területek) (11.1. ábra). A termőterület tehát korlátozott, extenzív növelésére kevés lehetőség kínálkozik. Igaz, az emberiség próbálkozik (például: erdőirtás, szűzföldek feltérzése, öntözés sivatagi területeken), de tevékenysége többnyire jelentős környezeti károkat okoz, amelynek nyomán nem ritkán feladni kényszerül a művelésbe vont területeket. A legsúlyosabb környezeti probléma a talajerózió és a korábban művelt talajok minőségi leromlása.

<sup>263</sup> Az ábra a „Living planet report 2016” 41. ábrája alapján készült, de már figyelembe vettük a művelt földterület nagyságának 2017-ben történt revízióját. Ennek területi bővülését pontosabb információk hiányában a legelő és a terméketlen területek kárára (2:1 arányban) végeztük el.

<sup>264</sup> A különböző statisztikák adatait egy ilyen viszonylag egyszerű kérdésben is nehéz összehangolni. A Világbank pl. a szárazföldek területénél 130 millió km<sup>2</sup> körüli értékkel számol. Mi az összehasonlításoknál a földrajzilag teljes szárazföld (149 millió km<sup>2</sup>) területét vettük figyelembe.

A mezőgazdaság számára hasznosítható összes földterület közel 50 millió km<sup>2</sup>, ennek nagy részét az emberiség sokáig nem használta. A nagy földrajzi felfedezéseket követően felgyorsult a használt terület: a 17. század elején még alig 9 millió km<sup>2</sup>, a 20. század elejére 25, 1950-re 38, 1960-ra 44,5 millió km<sup>2</sup>-re nőtt. A töretlen növekedés 1990-ig tartott, amikor is megközelítette az elméleti határt (11.2. ábra). Ennek a területnek csak mintegy harmada alkalmas szántóföldi művelésre. A II. világháborút követően (a dinamikusan növekvő népesség élelemmel való ellátása érdekében) az összes művelt földterület az 1980-as évek közepéig gyorsan növekedett 14,4 millió km<sup>2</sup>-ig (ami mintegy ötszöröse volt az 1700-ban használatnak), majd azt követően már kissé csökkenni kezdett (2015: 14 millió km<sup>2</sup>), azaz elért egy olyan határhoz, aminek környezeti és gazdaságossági korlátai vannak, így az extenzív termőterület-növelés lehetőségei beszűkültek.



11.2. ábra. A mezőgazdaság által használt terület a Földön 1961–2015  
(Forrás: Fisher 2014 alapján kiegészítve)

A megművelt terület növekedésével együtt látványosan nőtt a gabonatermő területek nagysága: 1950 és 1981 között 5,9 millió km<sup>2</sup>-ről 7,3 millió km<sup>2</sup>-re. Kezdetben ennek fő forrását a szovjet szűzföld-feltörés jelentette (döntően az 1950-es évek közepén), majd az 1970-es években az USA és Brazília területnövelései domináltak (az USA gabona-vetésterülete 1971 és 1975 között kb. egytizedével nőtt). Termékenységi problémák miatt azonban mind a Szovjetunióban, mind Kínában már az 1970-es és 1980-as években nagyarányú (10% feletti) szántóterület feladására került sor. Mindez azt jelentette, hogy a szántó az 1981-es csúcs után folyamatos csökkenéssel 2002-ig 6,6 millió km<sup>2</sup>-re esett vissza. Különösen kirívó volt Kazahsztán esete, ahol 1980 és 1998 között a szántóterület felét (!) adták fel, s hagyták újra legelővé válni, majd az utóbbi két évtizedben ismét nőtt a szántóterület nagysága. A 2000-es években globálisan lassan újra nőtt a szántók területe (2016: 7,2 millió km<sup>2</sup>), amiben szerepe van a sivatagi

területeken folytatott öntözéses gazdálkodásnak – ez azonban a véges vízkészletek miatt elég kétélű fegyver. Igaz ez azt is megmutatta, hogy az ember képes a terméketlen területek egy részén is gazdálkodni (11.3. ábra).



11.3. ábra. Öntözéses mezőgazdaság Szaúd-Arábia sivatagos területein felszín alatti vizekből (a Google Earth 2017-es felvételének részlete)

Egy 2017-ben közzétett minden korábbinál részletesebb műholdas értékelés<sup>265</sup> azt is kimutatta, hogy a korábbi adatoknál kb. 15-20%-kal nagyobb a művelt földterületek nagysága, és a 14 millió km<sup>2</sup>-es értéket 18,7 millió km<sup>2</sup>-re kell módosítani<sup>266</sup>. A művelt földterület 35,6%-án négy ország osztozik: India (9,6%), az USA (8,9%), Kína (8,8%) és Oroszország (8,3%).

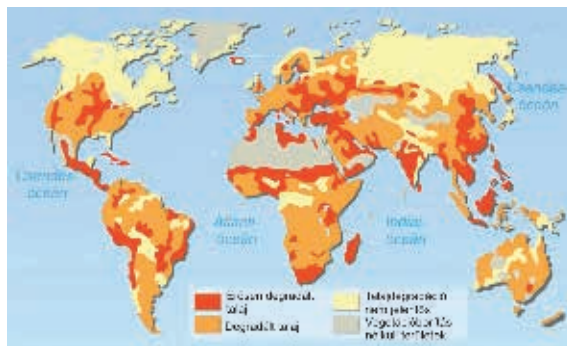
Az elmúlt évtizedekben a növekvő népesség javuló élelemellátását a termőföld egyre intenzívebb hasznosításával lehetett biztosítani, mégpedig globális viszonylatban eredményesen: 1965 és 2020 között a világ gabonatermelése 0,9 milliárd tonnáról 2,765 milliárdra nőtt. A kedvező változásokban meghatározó szerepe volt Kína és India javuló gazdálkodásának. (Sajnos ez az adat eltakarja, hogy világviszonylatban az éhezők aránya ugyan csökkent, de száma érdemben nem javult.) A növekvő termésmennyiségben jelentős szerepe volt a több műtrágya felhasználásnak, a jobb növényvédelemnek, de kiemelten a nagyobb termésmennyiséget és -biztonságot adó öntözésnek. Az öntözött területek nagysága 1955-ben 1,2 millió km<sup>2</sup> volt, ami 2018-ra 3,1 millió km<sup>2</sup>-re nőtt, ennek 71,7%-a Ázsiában van. A legnagyobb öntözött területtel Kína, India, USA és Pakisztán rendelkezik (0,66 – 0,63 – 0,27 és 0,19 millió km<sup>2</sup>).

<sup>265</sup> <https://www.usgs.gov/news/new-map-worldwide-croplands-supports-food-and-water-security>. A <https://www.croplands.org/app/map?lat=42.68244&lng=34.80468750000001&zoom=2> címen található interaktív térképen lehetőség van részletesebb területi áttekintésre is.

<sup>266</sup> Egy ilyen felmérés-módszertani változás szinte megfjejtethetlen rejtvényt jelentene a statisztikai értékelésben, ha csak az adatsorokat néznénk, ezért is mellőztük a grafikus ábrázolást.



A gyakran kellően nem kontrollált intenzívebb gazdálkodásnak meglett az ára. A megújulónak tartott erőforrásunk sokszor helyrehozhatatlan károkat szenvedett. Bár azt gondolhatnánk, hogy a talajpusztulás a szegényebb országok gondja, a folyamat a legfejlettebb országokat sem kímélte. Például az USA-ban - ahol a világ legnagyobb talajvédelmi szervezete működik - jelentős talajeróziót tapasztalnak, Kanadában pedig korábban évente kb. 1 milliárd dollárra becsülték a talajerózió okozta kárt. A jelentkező környezeti problémák ellenére az USA kormánya egy ideig mégis támogatta a termelést extenzíven bővítő farmereket. A mind nyilvánvalóbb talajdegradáció azonban intézkedést követelt, s 1985-től törvény intézkedik a talajvédelemről. Ha rátekintünk a talajdegradációt bemutató ábrára (11.4. ábra), azt tapasztaljuk, hogy Észak-Amerika és Oroszország összefüggő erdős területei kivételével, alig találunk nagyobb térségeket, ahol a talajok romlása nem okoz gondot. A helyrehozhatatlan talajerózió mértékét a FAO egyik 2015-ös összegzése évi 0,3%-os-ra becsüli, ami minden 5 másodpercben egy futballpályányi területcsökkenésnek felel meg.



11.4. ábra. A talajdegradáció mértéke a Földön (Forrás: UNEP/GRID-Arendal)

A talajok károsodásának több oka és következménye van. Az okok között a túllegeltetés (35%), az erdőirtás (30%), a rossz mezőgazdasági gyakorlat (28%) és a túlhasználat (főként a bioüzemanyagok termelése miatt – 7%). Ehhez társul még a települések, ipari létesítmények, közlekedési területek miatti végleges kivonás a mezőgazdasági használatból. A következmények között a legjelentősebb az erózió (kb. 56%), a defláció (28%), a kémiai degradáció (tápanyagforgalom romlása, savasodás, szikesedés, szénforgalom csökkenése, szennyezés – együttesen 12%), fizikai degradáció (a talajszerkezet romlása, tömörödés, vízforgalom romlása), és az élőökhöz kapcsolódó biodiversitás (talajélet) csökkenése.

A talajpusztulás egy összetett környezeti probléma. Az erózió következtében a talajok víztartó-képessége csökken, tápanyagtartalmának egy része elvész, csökken a

termőréteg vastagsága, termékenysége. A védtelen felszínekről a heves csapadékok rövid idő alatt leerodálják a talajokat, az azonban kevésbé tudott (az újabb talajtani kutatások irányították rá a figyelmet), hogy az ilyen talajokon az ionösszetétel miatt már a talaj lehordása nélkül is sokkal rosszabb a termés. További probléma, hogy az erodálódott talaj a folyókba, tavakba kerül, szennyezi, feltölti a vizeket, növeli az árvízveszélyt. A környezeti problémaként jobban ismert trópusi területeken, a kipsztított erdők helyén alig egy évtized alatt terméketlen felszíneket hagynak vissza azok kiirtói (a föld általában 3-5 évig alkalmas földművelésre, majd 5-10 évig legeltetésre). A következmény: felhagyott, már erdőgazdálkodásra sem alkalmas, értéktelen vegetációval borított felszínek. Az elmúlt évtizedek tapasztalata bebizonyította, hogy az erdőirtással szerzett szántógyarapítás csak átmeneti területbővítés. Az erdőirtások következtében a trópusokon évente kb. 11-14 millió hektár erdő pusztul el (ez 30 év alatt kb. India területével egyenlő). Azzal pedig, hogy az egykori erdők talaját az erózió gyakran a közetszintig lepusztítja, gyakorlatilag örökre kivonja ezeket a területeket a mezőgazdasági hasznosításból (a Dinári hegység jól példázza a folyamatot).

A szántóföldek intenzívebb hasznosítása is több veszélyt hord magában. A rosszul tervezett és megvalósított öntözőrendszerek elmocsarasodáshoz, másodlagos szikesedéshez vezethetnek. A FAO becslései szerint a világ öntözött területeinek hozzávetőlegesen felét érintik ezek a problémák. Például évente mintegy 3-5 ezer km<sup>2</sup>-en kell felhagyni a termeléssel a talajok magas sótartalma miatt. A termőterületek ilyen csökkenése a meglevők túlhasználatához, illetve ellentmondásoktól nem mentes területbővítési kísérletekhez vezetnek. A II. világháború óta a műtrágyák és egyéb kémikáliák kiemelkedő szerepet játszanak a terméshozamok növelésében, de felhasználásuk veszélyeket is hordoz: a kimosódó műtrágyák szennyezik a vizeket, a vegyszerek pedig egyrészt közvetlenül, másrészt a táplálékláncban felhalmozódva veszélyeztetik az egészséget (az 1980-as évek elején a fejlődő országokban évente hozzávetőlegesen 10 ezer ember halálát okozták a peszticidek). Ha még azt is figyelembe vesszük, hogy a termelékenyebb mezőgazdaság energiafelhasználása nő, de annak hatékonysága egy szint után csökken, akkor ez azt jelenti, hogy a mezőgazdaság termelékenysége csak bizonyos korlátokig fokozható. A szántóföldek mennyiségi korlátozottsága miatt a megoldás mégiscsak a termelékenység javítása lehet. Mivel azonban a terméseredmények egyes országokban olyan magasak, hogy azok tovább nem, vagy csak alig növelhetők, az átlag fölötti növekedést a jelenleg alacsony hozamú területeken kellene produkálni – azonban itt jelentkeznek a legnagyobb gazdasági és környezeti problémák.

Az intenzívebb mezőgazdaság több vizet is igényel (az utóbbi fél évszázadban 2-3-szorosára nőtt a vízigény). Különösen kockázatos vállalkozás az, amikor vízhiányos területeken a nem megújuló (ún. fosszilis) vízkészletekre alapozva kezdenek mezőgazdasági termelésbe. Ezeken a területeken a felszín alatti vizek szintje jelen-

tősen csökken<sup>267</sup>, ami előbb-utóbb használatuk felfüggesztéséhez vezet. Tény, hogy sok pénzzel szinte mindent meg lehet csinálni – legalábbis egy ideig. A fosszilis vízkészletek kimerülése után azonban a természet dollárért sem tud vizet szolgáltatni.



11.5. A szántóterületek lakótelepekké válása Gizában: 2010. november – 2018. április  
(A Google Earth felhasználásával)

<sup>267</sup> Az alábbi címen egy szemléletes animáció mutatja az öntözés hatását a felszín alatti vizekre: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/transcoded/0/02/Crop\\_Irrigation\\_Is\\_Closely\\_Tied\\_to\\_Groundwater\\_Depletion\\_Around\\_the\\_World.webm/Crop\\_Irrigation\\_Is\\_Closely\\_Tied\\_to\\_Groundwater\\_Depletion\\_Around\\_the\\_World.webm.360p.webm](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/transcoded/0/02/Crop_Irrigation_Is_Closely_Tied_to_Groundwater_Depletion_Around_the_World.webm/Crop_Irrigation_Is_Closely_Tied_to_Groundwater_Depletion_Around_the_World.webm.360p.webm)

További problémát jelent a termőterületek folyamatos csökkenése az urbanizációs folyamatok következményeként. A települések növekedése, az infrastrukturális fejlesztésekhez kapcsolódó földkivonások (úthálózattól a golfpályákig) mind jelentősen csökkentik az élelmezésre fordítható területek nagyságát (és itt még nem szoltunk olyan földhasznosítási problémákról, mint például a dohány vagy a kábítószertermelésre használt területek). Az urbanizáció termőterület-csökkentő hatása szoros kapcsolatban van a gazdasági fejlődéssel. Az USA-ban a Santa Clara-völgy a II. világháborúig sárgabarackjáról és egyéb gyümölcsseiről volt világhírű, ma pedig az ipar- és a lakóterületek, valamint a közlekedési pályák határozzák meg arculatát – és egyszerűen csak Szilícium-völgyként emlegetik. Kína a hirtelen felgyorsult gazdasági növekedés hatására csak 1987 és 1992 között a szántóterületének 5%-át veszítette el az urbanizáció következtében. Jól mutatja a probléma nagyságát, hogy rövid idő alatt felül kellett vizsgálni az ország motorizációs elképzeléseit. Rá kellett ugyanis döbbedni, hogy a többszörösére duzzadó gépkocsiállomány több utat, garázst és parkolót is igényel, s mindezek bővítését – az egyébként is zsúfolt területeken – csak a termőföldek rovására lehet megtenni. A termőterületek beépítése még a sivatagos területek által dominált Egyiptomban is megfigyelhető. Bár az ország mezőgazdasága szinte csak a Nílus menti néhány kilométeres sávra korlátozódik, a piramisairól nevezetes Giza szántóterületei egyre inkább beépülnek az utóbbi évtizedben (11.5. ábra). A gazdáknak jobban megéri beépítésre értékesíteni a földeket, mint termelni rajta. A jelenség más sűrűn lakott térségekben is általános. Az 1990-es évek közepén Jáva szigetén járva tapasztaltam, hogy az utak mellett a települések megjelölése mennyire szimbolikus: ugyanis általános volt, hogy az utak mente sok tíz kilométeren át folyamatosan be volt építve.

Az előbbieken ismertetett problémák – a korábban tárgyalt népességrobbanással kiegészülve – egy összesített hatást eredményeznek: *az egy főre jutó termőterület folyamatosan csökken*. Amíg az 1950-es évek elején a Földünk minden lakosára átlagosan közel negyed hektár gabonatermő terület jutott, napjainkban már 0,1 hektár sem.

A fentiek alapján az emberiség élelmezése (végső soron pedig konfliktus nélküli fennmaradása) attól függ, lépést tud-e tartani (s ha igen, meddig) az élelemtermelés hatékonysága a népesség növekedésével. Az elmúlt fél évszázadban – a korábban az emberiség talán legfontosabb környezeti problémájának – az élelemhiánynak gondja megoldódott, és ez elterelte a figyelmet arról, hogy ez mivel járt. Rá kell azonban hamarosan döbbednünk, hogy a könnyű extenzív területszerzés kora az 1990-es évek elejére befejeződött, a Föld vízkészletei egyre inkább leterheltek, a megújuló természeti erőforrásunk, a talajok számos környezeti problémától szenvednek. Nagy kérdés, hogy a termelés hatékonysága a mezőgazdaságban meddig fokozható?

## 12. A biodiverzitás

Földünk élővilága a földtörténet során folyamatosan változott. Hosszú időn keresztül a változásokat a természetes körülmények változása, illetve a változó körülményekhez való alkalmazkodási képesség szabályozta. Ahogyan korábban már utaltunk rá, a légkör összetételének változása (pl. az ózonréteg kialakulása, aminek feltételeinek megteremtésében a növényvilágnak döntő szerepe volt) tette lehetővé a szárazföldek meghódítását. A környezeti feltételek jelentős változása a földtörténet során többször is nagy kihalási időszakokat okozott. Ezek akár pillanatszerűen is bekövetkezhetnek. Ennek legismertebb példája a Yukatán-félsziget közelében 65,5 millió éve becsapódott meteorit hatása, amihez a dinoszauruszok kihalását is kapcsolják<sup>268</sup>. Mai ismereteink szerint a legkatasztrofálisabb kihalási időszak a perm végén (kb. 252 millió éve) volt, amikor a tengeri élőlényeknek akár 96%-a, az egész Föld élővilágának pedig mintegy 70%-a pusztult el.

Egy-egy ilyen időszak után az élővilágban hatalmas átalakulások következtek be, és korábban jelentéktelen fajok vették át a vezető szerepet. Lassabb változások idején az élővilág jelentős része alkalmazkodni tud a körülmények változásaihoz, és például megkeresi a számára alkalmas területeket. A jégkorszakok és az interglaciálisok közötti hőmérsékleti változásokhoz a növényzet a vegetációs zónák területi eltolódásával alkalmazkodott. A jelenleg tapasztalható globális melegedés hasonló hatásait már ma is sokfelé tapasztalhatjuk.

A földi környezet átalakításában új elemként jelent meg az ember – ahogyan már könyvünk korábbi fejezeteiben erre számos példát láttunk. Szerepe a változásokban természetesen kisebb, mint a korábban említett meteorité, de – az élővilág vonatkozásában – hatékonyságában és gyorsaságában nagyobb, mint a jégkorszaki klímaváltozásé volt.

A természet példa nélküli pusztulására és a fajok egyre gyorsuló kihalására hívja fel a figyelmet a Biodiverzitás és Ökoszisztéma Szolgáltatás Kormányközi Platform (IPBES) 2019-es jelentése<sup>269</sup>. Az anyag a 2005-ös Millenniumi Ökoszisztéma Felmérés – MEA)<sup>270</sup> utáni legátfogóbb jelentés a biodiverzitásról, mely 50 ország 145 szakértőjét bevonva igyekezett a természet állapotának, az antropogén hatás mértékének, a jövőbeli tendenciák, valamint a fenntarthatóság irányába mutató útvonalak elemzésére. A jelentés kiemeli, hogy az emberi történelemben eddig nem látott mértékű a veszélyeztetettség, kb. 1 millió növény- és állatfaj veszélyeztetett ma kihalással, jelentős részük akár évtizedeken belül. Az őshonos fajok átlagos egyedszáma a

<sup>268</sup> Időnként felvetődik, hogy ez a kihalási folyamat már 300 ezer évvel korábban elkezdődött.

<sup>269</sup> <https://ipbes.net/global-assessment>

<sup>270</sup> <https://www.millenniumassessment.org/>

szárazföldi élőhelyeken 1900 óta legalább 20%-kal csökkent, a kételtű fajok 40%-a, a zátonyképző korallak 33%-a és az összes tengeri emlős harmada veszélyeztetett. Az anyag a rovarokra csak megközelítő becslést ad, azok kb. 10% -a veszélyeztetett. A 16. század óta 680 db gerinces faj halt ki és a háziasított emlősfajták (élelmiszerellátás, mezőgazdasági hasznosítás) 9%-a tűnt el 2016-ra, míg legalább ezer még mindig veszélyeztetett.

A jelentés által összegzett változásoknak a társadalomra nézve is súlyos következményei várhatóak. Az elmúlt évben a változások mögött álló közvetett és közvetlen hajtóerők felgyorsultak (pl. növekvő GDP, növekvő nyersanyag igény, növekvő biomassza felhasználás, növekvő műtrágya használat). A változások mögött álló közvetett okokként a jelentés a szárazföldi és tengeri erőforrások használatának változását, a fajok és élőhelyek felhasználását és közvetlen pusztítását, a klímaváltozást, a szennyezést, valamint az idegenhonos fajok terjedését azonosítja. A jelentés jövőre vonatkoztatott prognózisai az eddigi vállalások teljesítése tekintetében rövidtávon borúlátóak, de kiemeli, hogy a természetes élővilág és erőforrásai megőrizhetőek, helyreállíthatóak és fenntarthatóan használhatóak, de csak „transzformatív átalakítással”, mely a társadalom, a gazdaság, a politika és a technológia alapvető átalakítását is jelenti.

## 12.1. A természetes élővilág biodiverzitásának csökkenése

Az ember több tevékenységével hat az élővilágra.

- a. Az *élővilág* (fajok) egy részének *elpusztítása*. Ez a tevékenység elég változatos lehet: például halászat, vadászat, erdőirtás. Célja pedig élelmezés (az egyszerűbb táplálékszerzéstől olyan luxusig, mint a cápauszony, a kaviár vagy a fecskéfészek), nyersanyag forrás (szőrme), de akár hobbi (vadásztrófea, ajándéktárgy), vagy vélt élettani hatás (például a rinocérosz szarv vélt potencianövelő hatása).
- b. *Élőhelyek pusztítása*. A legnagyobb ilyen változásokat a felszínborítás megváltoztatása okozza: sztyeppéből vagy erdőkből szántó, rétek túllegeltetése, beépítések (települések, utak).
- c. Az *élőhelyek fragmentációja*. Mivel az emberi infrastruktúra felszabdálja a tájat, az élővilág változó körülményekhez való alkalmazkodása csökken, egyes állatpopulációk élettere beszűkül. Ennek következtében egyre gyakrabban alakulhat ki konfliktus az ember és az állatok között (pl. Afrikában és Ázsiában az elefánttal, Európában a barna medvével).
- d. *Szennyezés*. Leglátványosabb a hulladékok megjelenése mindenütt, ami számos állat elpusztulását okozva, vagy egy-egy nagy olajszennyezés hatása a tengerpar-

ti élővilágra. De gyakoriak az állatok (akár véltlen) mérgezése, a növényzet vagy talajélet kipusztulása. Korábban már említettük a légszennyezések miatti savas esők nyomán tapasztalt komoly erdőpusztulásokat.

- e. Az őshonos fajokat kiszorító, elpusztító, az ember által behurcolt *invazív fajok terjedése*. Példaként említhető a dingó Ausztráliában, a macska Új-Zélandon, egy kígyófaj Guam szigetén, a sok helyen megjelenő patkányok, illetve a növények között a sokaknak allergiát okozó parlagfű, stb.
- f. Az emberi tevékenység közvetett hatásaként tapasztalható *klímaváltozás*. Korábban már bemutattuk a korallak nagymértékű pusztulását a hőmérséklet emelkedése miatt, de számos élőlény elterjedési területe is változik hatására.
- g. Az 1961-ben alapított World Wildlife Fund (WWF) már hosszabb idő óta végzi a Földünk élővilágának monitorozását, és 1998 óta két évente külön kötetben (Living Planet Report) közreadja értékelését<sup>271</sup>. Az elemzések 3706 gerinces faj több, mint 14 ezer populációjára terjednek ki. A monitorozás alapján képzett „Élő Bolygó Index” az 1970-as állapotokhoz viszonyítja a változásokat. Az összegzett hatás elszomorító: 1970 és 2012 között a gerinces populációk 58%-a csökkenést mutat. Ezekben a változásokban az ember szerepe vitathatatlan.

A szárazföldi fajok esetében a csökkenés mértéke (1678 faj 4658 populációjára kiterjedő vizsgálat alapján) 38%. A változások legfontosabb oka az élőhelyek degradációja és a túlhasználat (12.1a és 12.2a ábra)<sup>272</sup>. Az édesvízi élőhelyek helyzete a legrosszabb, a csökkenés mértéke (881 faj, 3324 populáció) 81%-os. A fő okok itt is hasonlóak, de 12% körüli szerepe van a vízszennyezéseknek is (12.1b és 12.2b ábra).

A tengeri élőhelyek degradációja a szárazföldihez közel hasonló (1353 faj, 6170 populáció) 36%, viszont a változások trendje különböző. Amíg a többi élőhely típusoknál egy folyamatos csökkenés figyelhető meg, itt a változás (a tengeri halászattal összhangban) az 1990-es évek elejéig gyors volt, utána lényegében azonos szinten van. A fő kiváltó okok itt is az élőhelyek degradációja és a túlhasználat, de a tapasztalatok szerint ez az élőhely típus érzékeny leginkább a klímaváltozás hatásaira (12.1c és 12.2c ábra). A korallak pusztulása a környező gazdag élővilágra is hatással van.

Ha változások földrajzi megoszlására is kíváncsiak vagyunk<sup>273</sup>, megállapítható, hogy legkedvezőtlenebb a helyzet az Indo-Pacifikus térségben (64%-os csökkenés) és a Dél-Amerikát és tengeri környezetét magába foglaló Neotropical térségben (50%-os csökkenés) van, a legkedvezőbb pedig az Európát, Ázsiát és Afrika északi részeit

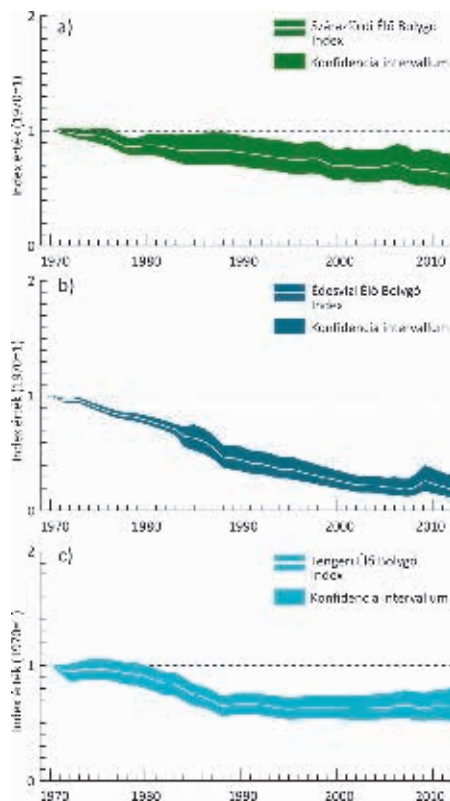
<sup>271</sup> A kötetek elérhetőek: [http://www.panda.org/knowledge\\_hub/all\\_publications/living\\_planet\\_report\\_timeline/](http://www.panda.org/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/)

<sup>272</sup> Valamennyi élőhely típusra részletesebb értékelés elérhető a kötetekben.

<sup>273</sup> A területi vonatkozásokat bemutató ábra a LPR 2012. évi kötetének 34-35. oldalán található meg: [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr\\_living\\_planet\\_report\\_2012.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr_living_planet_report_2012.pdf)

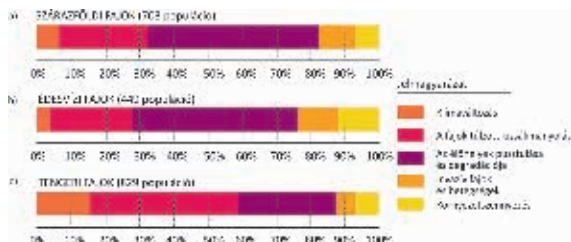


tartalmazó Palearctic (6%-os növekedés) és az Észak-Amerikát tartalmazó Nearctic (6%-os csökkenés) területeken. Ezek a nagy különbségek több okkal magyarázhatók. Az egyik a vizsgálat kezdő időpontja. A most kedvezőbb helyzetben levő (vagy annak tűnő) területeken az intenzív tájtalakítások már korábban bekövetkeztek (egy 300-400 évvel korábban kezdődő időszak alapján itt is jelentős negatív értékeket kapnánk), ezen kívül ezeken a területeken a természetvédelem már sokkal korábban és hatékonyabban érvényesült. Egy következő ok, hogy a leginkább érzékeny, gazdag élővilágú korall területek az Indo-Pacifikus térségben, illetve a szintén gazdag élővilágú trópusi erdők a Dél-amerikai térségben vannak. Ezen kívül az ázsiai sűrűn lakott, a környezet degradációjával leginkább érintett területeken alig van már megfelelő terület a természetes élővilágnak.



12.1. ábra. A Living Planet Index alakulása 1970 és 2012 között a szárazföldi (a), az édesvízi (b) és a tengeri (c) populációk esetén (Forrás: WWF 2016 alapján).





12.2. ábra. Az élővilágot ért változások fő okai 1970 és 2012 között a szárazföldi (a), az édesvízi (b) és a tengeri (c) populációk esetén (Forrás: WWF 2016 alapján).

## 12.2. Az ember központi szerepe a biodiverzitás alakításában

Azt gondolhatjuk, hogy az emberiség felismerte, hogy a változatos élővilág megőrzése fontos a saját jelene és jövője szempontjából. A nemzeti parkok szaporodása a 19. század utolsó negyedétől, védett fajok, kiemelten veszélyeztetett fajok (vörös könyv) listázása, vagy az orvvadászok elleni fegyveres fellépés megnyugtathatja lelkiismeretünket. De mégis sorra halnak ki fajok. A piaci kereslet miatt elefántokat, orrszarvúkat pusztítanak el agyarukért és szarvukért (hiába tiltott és büntetett). Bálnákat lehet irtani tudományos kutatásnak álcázva (kijátszva a megállapodásokat), vagy a nemzetközi egyezményeket semmibe véve. Tömegével juttatunk a tengeri állatvilág életét veszélyeztető vegyszereket és műanyagokat a vizekbe. Ugyanakkor sokak kedvelt rekreációs területei éppen a gazdag élővilágú területek. (Jómagam soha nem fogom elfelejteni az amazóniai őserdőkben tett kirándulásom, vagy a guatemalai Tical piramisai között hallott bögőmajom „koncertet”)

Talán fel sem fogta még az emberiség, hogy mekkora bajban van. Milyen baj lehet, ha megvan a napi ételmünk (és az emberiség 9/10-ének megvan), van internet és hozzá térérő, egész nap lehet nyomogatni az okostelefont, szaporodnak az autók (igaz velük a dugók is), és a világ bármely tájáról megnézhetjük az olimpiát vagy a foci VB-t?

Az emberiségnek a biodiverzitás alakításában betöltött óriási súlyára (ez itt tényleg a fizikai súly) Harari 2015-ben megjelent, elgondolkodtató könyve is ráirányította a figyelmet.

Az előző fejezetben láthattuk, hogy a kutatások alapján elég pontos ismereteink vannak a vadon élő gerincesek számáról. Ez alapján tehetők egy egyszerűsítő becslés: a nagy testű (néhány kg-nál nagyobb) vadonélő állatok tömege jelenleg 100 millió tonna. A 2020-ban már 7,8 milliárdnyi emberiség kb. 300 millió tonnát nyom, az emberiség által 2020-ban elfogyasztott háziállatok hújának súlya kb. 350 millió tonna, de emellett sok egyéb háziállatot tartunk. A világ szarvasmarha állománya 2020-ban

közel 1 milliárd darab körül alakult (átlagos súlyuk legalább 300 kg), ami további 300 millió tonna, miközben évente kb. 70 millió tonnát fogyasztunk el belőle. Nem tévedünk sokat, ha háziállataink teljes súlyát 700 millió tonnára becsüljük. Így, jelenleg az emberiség és a saját érdekében tartott (kedve szerint változtatott) háziállatok együttes súlya tízszerese a vadon élő nagyobb testű állatvilágnak.

És akkor számoljunk egy kicsit időben vissza! Bő félszázaddal ezelőtt, 1960-ban a vadon élő állatok súlya legalább duplája volt a mainak (minimum 200 millió t), az emberiség fejenkénti húsfogyasztása fele volt a mainak (1960: 23 kg, 2018: 46 kg), így az akkor 3 milliárd fős emberiség összsúlya 120 millió tonna, húsfogyasztása 70 millió tonna lehetett. Igaz az élő háziállatok súlya alig volt kevesebb. Például a szarvasmarhák száma csak 50 millióval maradt el a maitól, azaz 950 millió volt, és több volt az igavonó állat. Így az élő háziállatok súlyát vehetjük a maihoz hasonlóknak (350 millió t). Ekkor az ember és háziállatainak tömege csak 2,7-szerese volt a vadállománynak. De tegyünk még egy nagyobb lépést vissza! Ötezer éve (i.e. 3000) az emberiség létszámát 45 millióra becsülték, és háziállatot is alig tartott, miközben a vadon élő állatvilág többszöröse volt a mainak (de csak az 1960-as érték duplájával számoljunk), a húsfogyasztás jelentős részét pedig vadászatból szerezték. Ha a fentiek figyelembe vételével a háziállatok súlyát – erősen túlbecsülve – kétszeresének vesszük az emberek súlyának, akkor az állatvilág 400 millió tonna tömegével 5,5 millió tonna ember által befolyásolt tömeg állt szemben, azaz az arány legalább 70-szeres volt az állatok javára. Ha pedig merünk előre is tekinteni, húsz év múlva a 9 milliárd ember és háziállatainak legalább 1,2 milliárd tonnás tömege legfeljebb 80 millió tonna vadon élő állat tömegével hasonlítható össze, ami 15-szörös arány. Ezek a rideg számok jól jelzik, hogyan telepszik rá az ember az élővilágra, hogyan nyomja azt el. Az, hogy hova vezethet ez a folyamat, nehéz nem félelemmel rágondolni. Lehet, hogy pesszimistának tűnik, de hasonlóság van az emberi testet megtámadó rák elhatalmasodásával. Az egész továbbgondolását a tisztelt olvasóra bízom.

Az emberiség azonban nemcsak tömegével hat az élővilágra, de a tudományos kutatások (biotechnológia) eredményeit felhasználva genetikailag is módosítani képes azt. A genetikailag módosított szervezetek (GMO) sok előnyt, de ugyanakkor sok kockázatot is jelentenek. A GMO technológiát felhasználva például meg lehet növelni a haszonnövények hozamát, vagy az orvostudomány még eredményesebben gyógyíthat, de a hosszabb távú egészségügyi kockázatait nem ismerjük. Ez a bizonytalanság vezetett oda, hogy jelenleg a Földünk országainak egy része elzárkózik felhasználástól.

Egy más fajta kettősség is jellemzi az emberiség biodiverzításban játszott szerepét: miközben például a nagy területeken végzett monokultúras gazdálkodásával csökkenti a biodiverzitást, génbankokat hoz létre az élővilág genetikai változatosságának megőrzésére.

## 13. A környezeti terhelés mérőszámai

A környezeti problémák észlelését követő évtizedekben addig jutottak általában az értékelések, hogy több – az általunk az előző fejezetekben bemutatott – területen komoly gondok vannak, tenni kellene valamit, valamint körvonalazódtak azok a gazdagabb országok, amelyek túlfogyasztásukkal leginkább felelősek lehetnek az egyes problémákért. Időközben, az 1980-as évek közepén megszületett egy újszerű környezeti ideológia, a fenntartható fejlődés gondolata, ami szinte mindenkinek szimpatikus volt, és elterelte a figyelmet több problémáról.

### 13.1. Az ökológiai lábnyom

1995-ben Kanadában azonban megjelent egy könyv<sup>274</sup>, amely alapjaiban változtatta meg a fenntartható fejlődés „elmaszatóló” környezeti ideológiáját. A bevezetett új fogalom, az ökológiai lábnyom, lehetőséget teremt arra, hogy meghatározható legyen mindenki felelőssége az aktuális környezethasználatban – országoknak, kontinenseknek, vagy akár egyéneknek is. De mi is ez az új fogalom? *Az ökológiai lábnyom az a terület, ami károsodás nélkül (azaz fenntartható módon!) meg tudja termelni egy adott személy aktuális életviteléhez szükséges javakat. Számszerűsíti, hogy életmódunk mekkora hatással bír a környezetre.* A meghatározásban kiemelten hangsúlyos a fenntartható mód. Tehát nem egyszerűen arról van szó, hogy mennyi területre van szükségünk az életvitelünkhöz, mert ez azt is jelenthetné, hogy egy-egy letarolt, kizsákmányolt, elszennyezett területről időnként tovább állunk, amikor erőforrásait ki-merítettük, és már használhatatlan számunkra. A módszer felvállalta, hogy összeméri az almát a körtével, egy sajátos logika szerint területi egységre konvertálva az emberi hatásokat. Egy következő lépésben pedig ezt összeveti a rendelkezésre álló erőforrásokkal (pl. először kontinensek vagy országok szintjén).

Az eredeti megfogalmazás szerint minden egyén ökológiai lábnyoma hat elemből állt össze:

- az a terület, amelyen megtermelhető a táplálkozáshoz szükséges növényi táplálék,
- annak a legelőnek a nagysága, amely az általa elfogyasztott hús előállításához szükséges,
- a fa- és papírfogyasztásának megfelelő nagyságú erdőterület,
- a hal fogyasztásával arányos tenger (általánosabban: vízfelület),
- a lakáshoz szükséges földterület, valamint

<sup>274</sup> Wackernagel – Rees (1996): Ökológiai lábnyomunk – Az emberi hatás mérséklése a Földön. Szemléletformáló hatását mutatja, hogy ma már világhálózata van a mérési módszernek.

– annak az erdőterületnek a nagysága, amely az egyén energiafogyasztásával arányos mennyiségű szén-dioxid megkötéséhez szükséges.

A számítási módszert később további elemekkel bővítették. Legfontosabb későbbi eleme, hogy az ökológiai lábnyommal párhuzamosan – az édesvíz hiányának problémáját felismerve – vízfelhasználási lábnyomot is meghatároznak<sup>275</sup>. (Volt, hogy kísérletet tettek nukleáris lábnyom meghatározására is – egy erősen vitatható metodikával –, de ezt később elvetették.)

Az ökológiai lábnyom mértékegysége a *globális hektár*, ami figyelembe veszi a tényleges természeti adottságokat, azaz területileg differenciált. Ez például azt jelenti, hogy egy rossz adottságú (pl. száraz területen) lényegesen több terület kell egy ember gabonával való ellátásához, mint egy jó csernozjom talajon. A számítás így nemcsak a személy tényleges fogyasztását, hanem annak természeti háttérét, azaz a táj *biológiai kapacitását* is értékeli, így a környezethasználatunk mellett a rendelkezésünkre álló erőforrásokra is tekintettel van.

Ha nem az egész Földre, hanem például egy országra végezzük az elemzést, akkor ez a mutató, a biológiai kapacitás nagyon igazságtalan tud lenni, hiszen alapvetően azt határozza meg, hogy elődeink mennyire voltak ügyesek (netán erőszakosak) a jelenlegi országunk területének megszerzésekor. Persze itt is vannak szerencsés fordulatok: a nagy kőolajtermelő országok közül több olyan kopár, sivatagi, sokáig értéktelen területeken van, amit egy száz évvel korábbi ilyen értékelés során szinte senki sem választott volna, ma pedig gazdagságuk miatt sokan irigykednek rájuk.

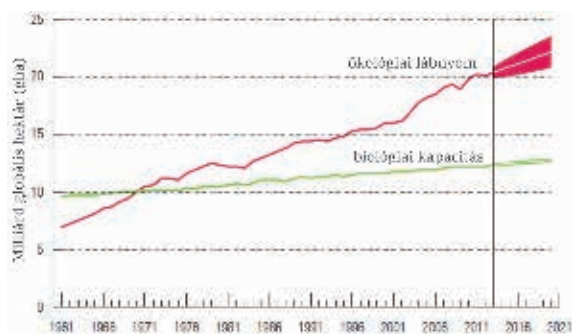
Az „Élő bolygó jelentéseiben”<sup>276</sup> 2000 óta készítenek részletes (akár ország szintű) elemzéseket az ökológiai lábnyom alakulásáról. A következő értékelésünk ezekre alapozva készült. Az idősoros vizsgálatok jól mutatják, hogy globálisan nézve mind a biológiai kapacitás, mind az emberiség ökológiai lábnyoma nőtt az elmúlt bő fél évszázadban (13.1. ábra). A biokapacitás esetében a sokkal hatékonyabb mezőgazdaság (termelés és biotechnológia) kedvezőbb hatással volt a változásokra, mint az erdőirtás negatív következménye. Az emberiség ökológiai lábnyoma viszont fél évszázad alatt sokkal gyorsabban (kb. háromszorosára) nőtt a nagy népességnövekedés és a növekvő személyes fogyasztás miatt.

Mielőtt a részletesebb értékelésre rátérnénk, meg kell állapítanunk, hogy, mint minden olyan komplex módszer, ami „az almát próbálja összehasonlítani a körtével”, számos értékelési, mérlegelési hibát tartalmazhat. Az ökológiai lábnyom számítása-

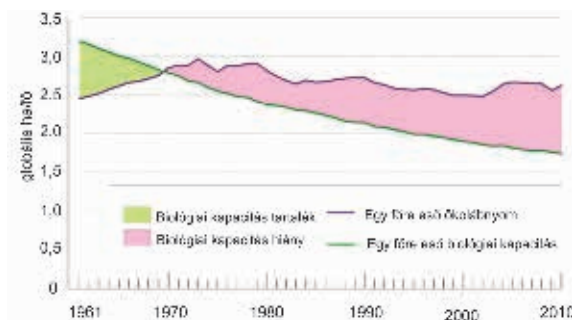
<sup>275</sup> Például: WWF: Living planet report 2008 – lásd a [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr\\_living\\_planet\\_report\\_2008.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/lpr_living_planet_report_2008.pdf) címen.

<sup>276</sup> Ahogyan korábban leírtuk elérhetőségük: [http://www.panda.org/knowledge\\_hub/all\\_publications/living\\_planet\\_report\\_timeline/](http://www.panda.org/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_timeline/), de a <https://www.footprintnetwork.org/> oldalról közvetlenül is szerezhetünk információkat.

kor több fontos elemet nem tudtak figyelembe venni. A vizet és az atomenergiát már említettük, de gondot jelent a hulladékok, vagy a környezetszennyezés következményeinek hiánya is. Igaz ezeket a biológiai kapacitásnál figyelembe lehetne venni, és szerepük kiemelt elemzést is indokoltá tenne, de a korábbi számítások elvéhez ezek sem illeszthetők. Nehézséget jelent továbbá az adatok megfelelő részletességének hiánya, ami az egyéni felelősség megállapításának pontosságát erősen kétségessé teszi. Mint látni fogjuk, a módszer ugyanakkor alkalmas a környezethasználat mértékének időbeli nyomon követésére, és arra is, hogy az egyes országok a tényleges felhasználását szembesíteni lehessen erőforrásaik lehetőségeivel.



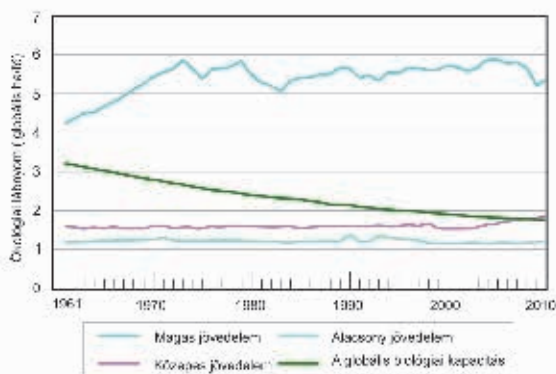
13.1. ábra. A Föld biológiai kapacitása és az emberiség ökológiai lábnyoma 1960–2012  
(Forrás: WWF 2016)



13.2. ábra. Az egy főre jutó biológiai kapacitás és ökológiai lábnyom 1961–2010  
(Forrás: WWF 2014)

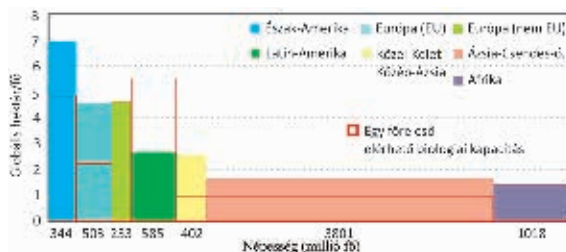
Ha egy főre vetítve vizsgáljuk a változásokat, akkor először csalóka képet kapunk (13.2. ábra). Azt láthatjuk, hogy az emberiség egy főre jutó ökológiai lábnyoma az

1970-es évek közepétől nem nő, hanem mérsékelten csökken. Ennek háttérében viszont nem a környezettudatosságunk áll, hanem az, hogy az alacsonyabb gazdasági fejlettségű országok mutatójának értéke kb. negyede a fejlettekének (13.3. ábra), és a 4.2. fejezetben láthattuk, ezekben sokkal nagyobb a népesség növekedése. Így amíg az 1960-as évek elején kb. feleannyian éltek a fejlett országokban, mint a fejletlenebbekben, mára az utóbbiak népessége közel hatszorosa a fejlettekének. Azaz a fejlett országok túlfogyasztását a szegényebbek nagyobb népessége a globális átlagban kompenzálja. Az abszolút növekedést jól mutatja, hogy fél évszázada még egy fél Föld erőforrásai elegendőek volt az emberiség számára, ma pedig már legalább másfél Földre van szükségünk. Azaz folyamatosan éljük fel a hosszú idő alatt képződött erőforrásokat<sup>277</sup>. Látható, az is, hogy már az 1970-es évek eleje óta az egy főre jutó ökológiai lábnyomunk nagyobb, mint a rendelkezésünkre álló biológiai kapacitás. Napjainkban az egy főre jutó biológiai kapacitás 1,8, az ökológiai lábnyom pedig 2,7-2,8 globális hektár körül van földi átlagban. Miután a Föld biológiai kapacitását csak lassabb ütemben lehet növelni, még azonnali beavatkozással is csak az évszázad közepe tájára lehetne fenntartható szintre hozni „túlhasználatunkat”. Az is nyilvánvaló, hogy a túlhasználatot a fejlett országok 5-6 globális hektár körüli értéke adja. Az összkép még ennél bonyolultabb, ha a részletesebb területi adatokat is figyelembe vesszük.



13.3. ábra. Az ökológiai lábnyom változása gazdasági fejlettség szerint 1961 és 2010 között  
(Forrás: WWF 2012)

<sup>277</sup> A számításokban 11,3 milliárd hektár biológiaiilag aktív földfelülettel számolnak.

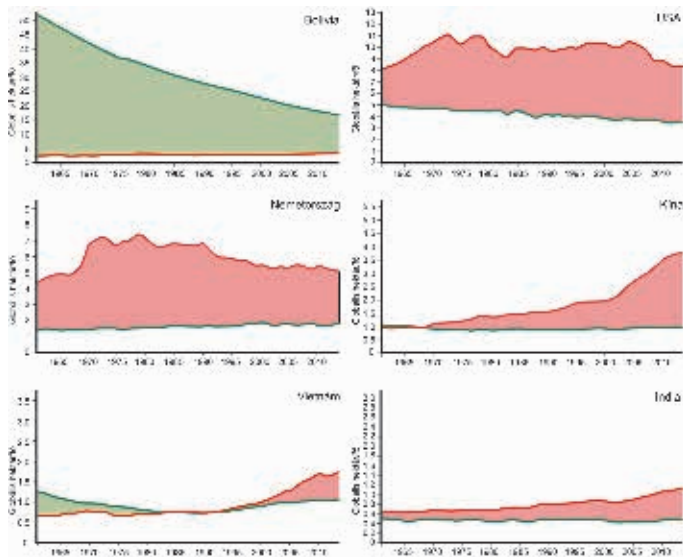


13.4. ábra. A biológiai kapacitás és az ökológia lábnyom kontinensenként 2010-ben  
(Forrás: EEA<sup>278</sup> alapján)

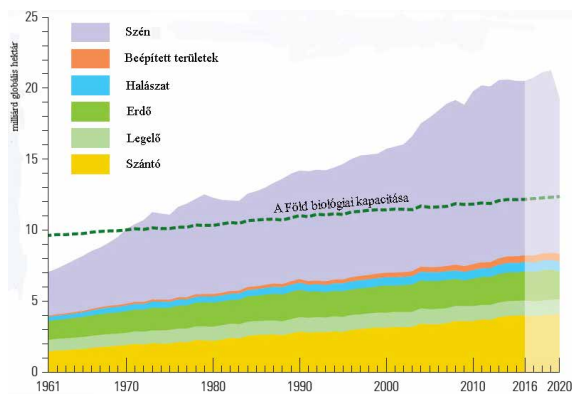
Ha a rendelkezésünkre álló erőforrásainkat és a környezeti terhünket kontinensenként vizsgáljuk, akkor óriási különbségeket látunk (13.4. ábra). Lényegében csak Latin-Amerika az, ahol jelenleg még kisebb a környezeti teher, mint a biokapacitás. Fontos észrevennünk, hogy a szűkös természeti adottságok miatt nem szükséges feltétlenül nagy egy főre jutó ökológiai lábnyom a környezet túlhasználatához, ahogyan azt Ázsia példája mutatja. Még szembetűnőbb különbségeket láthatunk országok szintjén. A 2014-es adatok szerint például India, Zimbabwe 1,1 globális hektár/fő ökológia lábnyoma több, mint duplája a rendelkezésükre álló ökológiai kapacitásnak (0,5 gha/fő). A részletes elemzésben az a lehangoló, hogy valamennyi ország esetében a hosszú időtávú változások kedvezőtlenek: a nagy biológiai kapacitású országok rohamtempóban élik fel erőforrásait, az országok többségében pedig tartósan nagyobb (sok esetben növekvő is) az ökológiai lábnyom (13.5. ábra).

Az ökológiai lábnyom elemeinek változását vizsgálva megállapítható, hogy a szénlábnyom a legjelentősebb, és ez is változott legnagyobb mértékben az elmúlt évtizedekben. Ez egyértelműen a fosszilis energiahordozók hatalmas mértékű felhasználásával van összefüggésben. Az élelmezés miatt, a második legfontosabb összetevő a szántóföldek szerepe. Fél évszázad alatt mind a két elem többszörösére nőtt (13.6. ábra). Az ábrából érzékelhető, hogy ha az emberiség meg tudná oldani a szénki-bocsátás csökkentését (netán gondoskodna annak légköri szintjének csökkentéséről), akkor esély lehetne a biológiai kapacitás és az ökológiai lábnyom összhangjának kialakítására. Ezért pedig egyértelműen a fejlett országok tehetnének legtöbbet. Ugyanis, ha megnézzük az ökológiai lábnyom összetevőit a gazdasági fejlettség szerint (13.7. ábra), akkor a fejlett országokban a szénlábnyom részesedése mintegy 2/3 rész, de a közepes fejlettségűek esetében is látványosan növekszik.

<sup>278</sup> <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/ecological-footprint-of-european-countries-2> Az ábrán az oszlopok szélessége a népességgel, magassága az egy főre jutó ökológiai lábnyommal, illetve biológiai kapacitással arányos. Így a téglalapok nagysága a kontinensek teljes biológiai kapacitását (piros vonallal határolva) és népesség összes ökológiai lábnyomát mutatja.



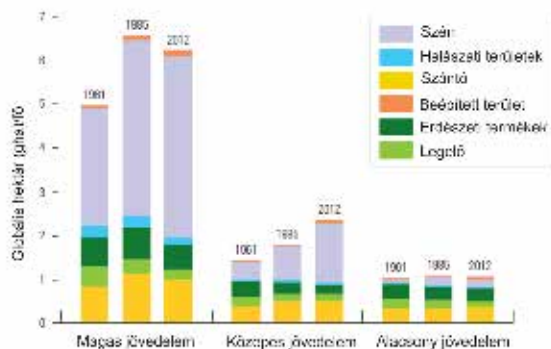
13.5. ábra. A biológiai kapacitás és az ökológiai lábnyom időbeli változásának néhány jellemző példája 1961–2014 (Forrás: Foodprintnetwork <sup>279</sup>)



13.6. ábra. Az emberiség ökológiai lábnyoma komponenseinek időbeli alakulása (1961–2020) (Forrás: WWF 2020)

<sup>279</sup> A <http://data.footprintnetwork.org/#/> címen, egy interaktív térképen a Földünk országairól részletes adatokat találhatunk.





13.7. ábra. Az ökológiai lábnyom összetevőinek változása a különböző gazdasági fejlettségű országcsoportokban 1961 – 1985 – 2012 (Forrás: WWF 2016)

Mint láthattuk az ökológiai lábnyom olyan komplex mutató, ami környezeti szempontok alapján teremt lehetőséget arra, hogy mérni lehessen, és összehasonlíthatóvá váljon egyének<sup>280</sup> és országok fogyasztási szintje, illetve ugyanígy a rendelkezésükre álló erőforrások is. Ez lényegesen több annál, mint hogy a fejlett országok többet fogyasztanak az országukban rendelkezésükre álló erőforrásoknál, vagy nagyobb a károsanyag-kibocsátásuk. Az pedig, hogy ezt megközelítőleg konkrét személyekre lebontva is meg lehet határozni, talán növeli az egyének felelősségérzetét is. Legnagyobb jelentősége talán abban van, hogy (számos pontatlansága ellenére) szembesít bennünket Földünk korlátozott lehetőségeivel és a folyamatosan növekvő szükségleteinkkel. Az emberiség igényeit ebben a komplex mutatóban „összegyúrva” rá kell döbbernünk, hogy a *fenntartható fejlődés, mint globális környezeti ideológia, sem globális szinten, sem az országok nagy részében nem reális lehetőség*. Szembesít bennünket azzal a ténnyel is, hogy miközben az emberiség az 1980-as évek vége felé kezdett megbarátkozni a fenntartható fejlődés gondolatával, a gyors népességnövekedés miatt már akkor túl is lépte a fenntarthatóság határát (Wackernagelék számítása szerint).

A 2002-ben megalkotott „vízlábnyomnak”<sup>281</sup> jóval kisebb lett a hatása. Kétségkívül fontos szempont, hogy az egyes országok vízellátottsága milyen, de ez alapján megítélni az egyes országok helyzetét nem mindig lehet helyesen. Leginkább az egyéni fogyasztás szempontjából fontos az, hogy tudjuk a víz gazdasági hasznosságát. Amikor valaki a saját vízfelhasználására gondol, az általában kimerül abban, hogy mennyi vizet használ el egy nap (ivás, fürdés, WC használat, mosás stb.), de kevesen

<sup>280</sup> Példaként egy egyéni kalkulátor elérhetősége: <http://footprint.wwf.org.uk/>

<sup>281</sup> <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/>

számolnak azzal, hogy nem mindegy, hogy mit eszünk, hogyan öltözködünk, milyen dolgokat használunk. 1 kg csirkehús előállításához közel negyedannyi víz kell (3900 liter), mint ami a marhahúshoz szükséges (15500 liter)<sup>282</sup>, de 1 kg nádcukor megtermeléséhez 1500, vagy egy pamut inghez szükséges gyapot termeléséhez 2900 liter víz szükséges. Azaz, csak egy ilyen inghez szükséges víz 2-3 évi ivóvízfogyasztásunkat fedezné. Egy összegzett mutató szerint, egy átlagos embernek csak az állati termékekkel való ellátása napi 1150 liter vizet igényel.

Összességében lehet vitatkozni az ökológiai lábnyom pontosságán, de alapgondolata jó. Csak a tények lehetnek azok, amelyek meggyőzik mind a döntéshozókat, mind az egyéneket arról, hogy más szemlélettel kellene élnünk. És itt – véleményem szerint – kevesebb jelentősége van annak, hogy valakinek az ökológiai lábnyoma 6 vagy 8 globális hektár. De ha bemutatható, hogy azonos módszerrel számolva például 20 év alatt ez 3-szorosára nőtt, akkor már elértük célunkat. Ez ugyanis azt jelenti, hogy látjuk, közeledünk valamilyen nagyon rossz helyzet felé, a kérdés csak az, hogy hány év múlva ériük el azt. A felelősen gondolkodó döntéshozó nem mondhatja azt ilyen helyzetben, hogy én még túlélem, a gyermekeink pedig pusztuljanak el, vagy éljenek emberhez méltatlan körülmények között.

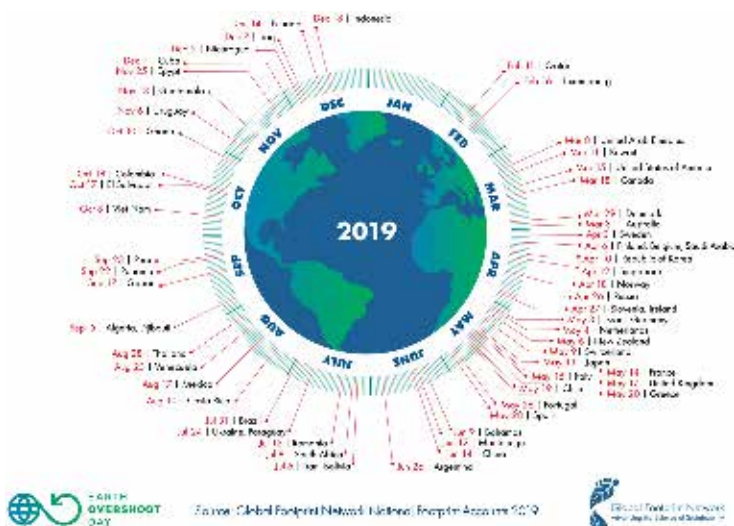
A környezeti felelősségünk bemutatására – az ökológiai lábnyom elemeire alapozva – bevezettek egy másik mérőszámot, a *tüllövés napját*. Ez azt mutatja meg, hogy Földünk teljes, egy éves biokapacitását (megújuló természeti erőforrását) hány nap alatt használjuk el. 2019-ben ez a nap július 29-e volt<sup>283</sup>, azaz szimbolikusan az év első hét hónapjában kimerítenénk a Föld megújuló erőforrásait, ha nem használnánk a kimerülő erőforrásainkat (lásd korábban a 9. fejezetet). Ez a mutató tehát megmutatja az olyan országok felelősségét is, amelyeknek biológiai kapacitása még jelenleg nagyobb az ökológiai lábnyomunknál (pl. Kanada, Brazília vagy Peru) (13.8. ábra). Különösen az első két ország adata kedvezőtlen: Kanada alig két és fél, Brazília pedig 6 hónap alatt éli fel megújuló biológiai kapacitását. Sajnos szinte minden országnak helye lenne az ábrán (nemcsak a bemutatott féléveseknek), hiszen világszerte a környezetünk túlhasználata a jellemző.

A koronavírus járvány Földünk valamennyi országában a komoly egészségügyi gondok mellett jelentős gazdasági visszaesést is okozott. Ez azonban a környezet-használatban kedvező hatással járt. A visszaeső ipari termelés és közlekedés például

<sup>282</sup> Több élelem vízlábnyomáról tájékoztató elérhető: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/218877/>

<sup>283</sup> <https://www.overshootday.org/newsroom/past-earth-overshoot-days/> Megjegyezzük, hogy a honlapon szereplő éves időpontok már revidáltak. Így, ha valaki évente nyomon követte a változásokat, akár jelentős módosításokat tapasztalhat. Így például a 2008-as gazdasági válság évében eredetileg szeptember 24-ét számolták, a módosított érték viszont már augusztus 14. (Tehát ez a módosítás az oka, hogy az internetes keresőkben található korabeli adatok eltérnek a honlapon közöltektől.) Ezen a honlapon több, mint 130 ország adata is megtalálható (hazánk június eleji értékével a lista közepén helyezkedik el).

látványos javulást hozott legalább átmenetileg a levegő minőségében (lásd később a 18.11. ábrát), és mérsékelte a környezeti javak használatát is. Így 2020-ban a túllövés napja is az előző évinél közel egy hónappal későbbre, augusztus 22-re került.



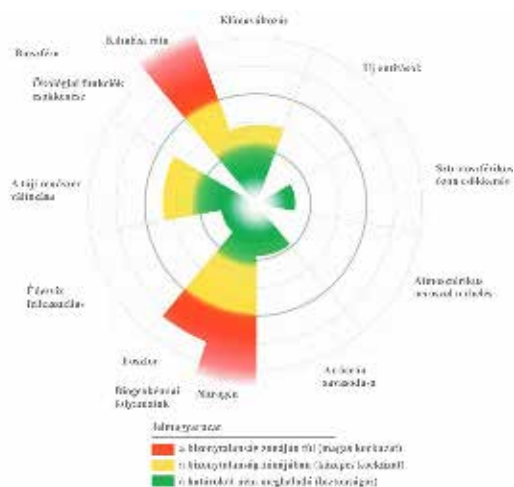
13.8. ábra. A túllövés napja 2019-ben a Föld néhány országában  
(Forrás: Earth Overshoot Day 2019)

## 13.2. Planetáris határok

Amint jelen fejezetünkben láthattuk, az ökológiai lábnyom elsősorban Földünk korlátozott erőforrásai oldaláról próbálta összegezni az emberiség bolygónkra gyakorolt hatásait. Bár az eredmény azt mutatta, hogy már legalább másfél Földnyi erőforrást használunk, még nem omlott össze a globális társadalom. A tudósok egy csoportja a globális következmények szemszögéből is kísérletet tett a probléma kutatására. Így született meg a planetáris határok fogalma, azaz milyen mértékben terhelhető még Földünk jóvátehetetlen következmények nélkül.

Egy stockholmi székhelyű kutatóközpont (Resilience Centre) 2009-ben kilenc területet minősített veszélyesnek a Földünk (de ezen belül inkább az emberiség) jövője szempontjából. Ezek (az akkor meghatározott fontosságuk szerint): 1. biodiverzitás csökkenése, 2. biogeokémiai (nitrogén és foszfor) körforgalomba való beavatkozás, 3. a klímaváltozás, 4. az óceánok savasodása, 5. a földhasználatok változása (termőterü-

letek elvesztése), 6. az édesvízkészletek túlhasználata, 7. az ozonréteg vékonyodása, 8. a vegyi szennyezések és 9. légköri aeroszolok növekedése. Egy későbbi (2015-ös) értékelésükben<sup>284</sup> a földhasználati változások már a 3. helyre kerültek, és tizedikként új veszélyforrásokat (pl. vegyi anyagok) is megjelölnek (13.9. ábra). A problémák érzéltetésére egy analógiát említenek: ha kifeszítünk egy rugót, majd elengedjük, visszaugrik eredeti formájába, de ha ezt sokszor megismételjük, vagy túlzott erővel végezzük, egyszer csak hirtelen elveszti ezt a képességét. (Talán egy befőttes gumi példája még szemléletesebb lenne.) Mint szinte minden átfogó globális értékelés, hasznos gondolatai ellenére ez is számos kritikát kapott.



13.9. ábra. Földünk planetáris határai (Steffen et al 2015)

A bírálatok szerint komoly gond, hogy nem tesz határozott különbséget a regionális és globális következmények között. (Ez a kritika sok hasonlóságot mutat a Bariloche-modellnek a többi modellel kapcsolatos véleményére – lásd 3. fejezet). A gondolatkör részletesebb kifejtésekor (2015-ben) a szerzők maguk is példát adnak erre (bár kérdés, ez volt-e a szándékuk), hiszen térképen mutatják be a leginkább kritikus helyzetben levő vízhiányos térségeket (amelyeknél a gondot többnyire a túl nagy népesség jelenti), miközben a globális édesvízhiányt még nem tartják igazán komoly planetáris határnak.

<sup>284</sup> [https://www.researchgate.net/publication/270898819\\_Planetary\\_Boundaries\\_Guiding\\_Human\\_Development\\_on\\_a\\_Changing\\_Planet%27](https://www.researchgate.net/publication/270898819_Planetary_Boundaries_Guiding_Human_Development_on_a_Changing_Planet%27)

A meghatározott globális határok számos esetben nem konkrétak, vagy ha azok, érvényessége vitatható. Példaként a légköri CO<sub>2</sub> szintre megadott 350 ppm-es határt már több évtizede meghaladtuk, és várhatóan a zóna felső határának (450 ppm) eléréséhez sem kell több 2-3 évtizednél. De a bő évtizede (az általuk) még veszélyesnek tartott légköri aeroszol a Földünk nagy részén már nem okoz gondot. Problémás, hogy az ózonszökkenés minősítésére olyan értéket használnak, ami lakott területeken alig fordul elő, miközben a növekvő UV-sugárzás Földünk sok táján komoly egészségügyi kockázattal jár. De a magas légköri ózon esetében is minden bizonnyal kedvező fordulatot láthatunk egy környezetpolitikai beavatkozás (ózon egyezmény) és egy kedvezőtlen folyamat (a globális melegedés) hatására. Ezeknél tehát az a képzeletbeli rugó gond nélkül (?) tovább nyúlik, vagy éppen visszahúzódik.

Bírálták a planetáris határokat azért is, mert főleg a holocén követő (az emberi civilizációk kifejlődését magában foglaló) ún. antropocén feltételeiből von le következtetéseket. Ez véleményem szerint kevésbé problémás, mert a környezetvédelmi határértékeket is (önző módon) az ember „igényeihez” igazítjuk. A gond szerintem az, hogy ezen időszakon belül is egy „fogyasztási korb” jutottunk, és ennek során az egyébként is dinamikus növekvő népességnél gyorsabban nő annak fogyasztása és a hozzá kapcsolódó környezeti következmények<sup>285</sup>.

A fentiek is jelzik, hogy szinte lehetetlen jó planetáris határt megadni. A Földünk jövőjét fenyegető problémák száma több, mint amit a planetáris határok gondolatkör át tud fogni. Ráadásul, ahogyan korábban jeleztük (és a rugós analógia is mutatja) a következmények nem lineárisak. Jól mutatja ezt, hogy a víz is a lehűlés során egyszer csak halmazállapotot vált, vagy egy gát is ellenáll egy darabig a víz nyomásának, utána pedig átszakad. Nem véletlen, hogy például a klímaváltozás jövőbeli következményeinél kritikus billenő pontokat említenek, ezek lehetnek azok, amikor a folyamatos változások minőségi változásokba csapnak át.

Az előzőekben bemutatott folyamatok időbeli változása, egymásra gyakorolt hatása nélkül nagyon nehéz planetáris határokat meghatározni. Könyvünkben éppen ezért mind a folyamatokat, mind a következményeket együtt kíséreltük meg értékelni.

<sup>285</sup> A Living Planet Report 2018-as kötetének 24-25. oldalán számos példát találunk erre. [https://wwf.panda.org/knowledge\\_hub/all\\_publications/living\\_planet\\_report\\_2018/](https://wwf.panda.org/knowledge_hub/all_publications/living_planet_report_2018/)



### **III. A GLOBÁLIS VÁLTOZÁSOK MAGYARORSZÁGI HATÁSAI**



## 14. A globális környezeti változások fontosabb magyarországi hatásai

Azok a folyamatok, amiket a korábbi fejezetekben bemutatunk, természetesen hazánkban sem voltak következmények nélkül. A globális klímaváltozás nálunk is tapasztalható, igaz fontossága mellett szerepét többször túlértékeljük. A savas esők problémájával nálunk is szembesültünk, de szerencsére a hatékony nemzetközi beavatkozásoknak köszönhetően (lásd 18.2.3. fejezet) ez már nálunk sem jelent problémát. Felszíni vízkészleteink kb. 96%-a külföldről származik, így azok mennyiségi és minőségi állapota a nemzetközi egyezményektől jelentősen függ. A nyersanyagok árváltozásait a hazai fogyasztók is a saját zsebükön tapasztalják. A nemzetközi politika nagy „sakkjátszmái” a világ egyes területein jelentkező környezeti krízissel együtt menekültek tíz- és százazezeit terelik hazánk felé is. És nem maradtunk ki a 2020-as világjárványból sem.

Hazánk környezetpolitikáját meghatározza, hogy részesei vagyunk a nemzetközi környezetvédelmi (ezen belül a klímavédelmi) egyezményeknek<sup>1</sup>, s nálunk is egyre többen ismerik fel, hogy a jövőnk érdekében sokkal környezettudatosabban kellene élni (energiatakarékosság, szelektív hulladékgyűjtés, természetvédelem, klímavédelmi akciók, stb.). Ugyanakkor az is látszik, hogy több területen fél- vagy félrevezető információkkal rendelkezünk, az egyéni és csoport érdekek felülírják a közösség hosszú távú érdekeit, s néha a hazai környezetpolitika prioritásai csak szavakban jelennek meg.

A globális változások között hazánkban is kiemelt szerepe van a klímaváltozás következményeinek. Az ezzel kapcsolatos kutatásokat az MTA által koordinált VAHA-VA-projekt<sup>2</sup> összegezte. Erre a hazai kutatási anyagra valamint az IPCC eredményeire alapozva készült el hazánk klímastratégiája<sup>3</sup>. A NÉS-2 a 2018–2030-as időszakra fogalmazza meg a hazai klímapolitika fő irányait, és 2050-ig iránymutatást is ad. A mintegy 250 oldalas háttéranyag az általános helyzetértékelésre alapozva egy üvegházgáz kibocsátás-csökkentési feladatcsomagot („dekarbonizációs útiterv”) tűz ki célul. Ezt egészíti ki az „alkalmazkodási stratégia”, illetve a megvalósításhoz feltétlenül szükséges eszközök (szemléletformálás, pénzügyi háttér, végrehajtás keretrendszere) átfogó meghatározása. A NÉS-hez kapcsolódva kialakításra került egy adatrendszer (Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer – NATÉR), ahol az éghajlati sé-

<sup>1</sup> Például a Párizsi jegyzőkönyvet Magyarország ratifikálta először.

<sup>2</sup> A VAHA-VA, a változás – hatás – válasz gondolati kör rövidítése. A projekt irányítója Láng István akadémikus volt.

<sup>3</sup> 29/2008. (III. 20.) OGY határozat a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról, majd a NÉS-2 <https://mkogy.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A18H0023.OGY> és [https://nakfo.mbfz.gov.hu/sites/default/files/files/N%C3%89S\\_Ogy%20%C3%A1ltal%20elfogadott.PDF](https://nakfo.mbfz.gov.hu/sites/default/files/files/N%C3%89S_Ogy%20%C3%A1ltal%20elfogadott.PDF)



rülékenységről területi információk szerezhetők be.<sup>4</sup> A klímastratégia megvalósítása érdekében részletes területi (pl. megyei) klímastratégiák készültek, s ezeken keresztül települési szintig nyílik lehetőség a lakosság bevonására a cselekvési folyamatba. 2020 elején kerültek a nyilvánosság elé az „I. Éghajlatváltozási Cselekvési Terv” és a Nemzeti Energiastratégia dokumentumai<sup>5</sup>. Az tehát látható, hogy van határozatokban is dokumentált szándék a globális változások következményeinek kezelésére, a kérdés az, hogy ezek hogyan valósulnak meg, és több esetben az is, hogy elegendőek-e ezek a **célok**, vagy netán hatékonyabb megoldásokat nem kereshetnénk-e?

## 14.1. A globális klímaváltozás hazai éghajlati és társadalmi következményei

### 14.1.1. Rövid klímátörténeti visszatekintés

Azt már a korábbiakban (5.2.2. fejezet) bemutattuk, hogy Földünkön a múltban klímaváltozások sorozata zajlott, így egykoron a mi vidékünkön is voltak sokkal hidegebb és melegebb időszakok, amit geológiai kutatások is bizonyítanak. Amikor a jelenlegi klímaváltozás mértékéről beszélünk, akkor hasznos, ha nem is évmilliókra vagy ezer évekre, de legalább néhány száz évre visszatekintünk<sup>6</sup>.

A kárpát-medencei magyar történelem két nagy, jól azonosítható klímakorszaka a „középkori meleg időszak” és a talán legjobban ismert késő középkori, újkori „kis jégkorszak”. A 3. század dereka óta tartó hideg telek dominanciáját a 8. és a 9. század fordulóján melegedés szakította félbe (a 9. század első felének telei voltak a legenyhébbek az utóbbi kétezer esztendőben), ekkor a hőmérsékletnövekedés értéke elérte a 1,5 °C-ot a megelőző periódushoz képest, majd ezt tartós téli lehűlés és szárazság követte.

A 13. és 14. század fordulója az európai történelem egyik legfontosabb éghajlat-történeti korszakhatára: ekkor ért véget a középkori meleg időszak, s kezdődött el a kis jégkorszak, ami – egy rövid 14. század végi melegebb időszakot kivéve – a 19. század második feléig kitartott. Ekkoriban az éghajlat a mainál mintegy 1,5°C-kal hűvösebb és közel 20%-kal csapadékosabb volt. Régészeti és geológiai adatok arra is utalnak,

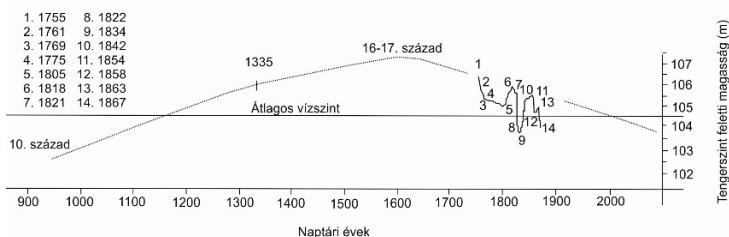
<sup>4</sup> <https://nater.mbfisz.gov.hu/hu/node/2>

<sup>5</sup> A <https://www.kormany.hu/hu/dok?source=11&type=402#!DocumentBrowse> címen könyvünk zárása idején több aktuális dokumentum elérhető.

<sup>6</sup> A hazai környezeti változásokról 2011-ben egy több, mint 30 tanulmányt tartalmazó kötetet jelentettünk meg (Rakonczai (szerk.): Környezeti változások és az Alföld, melyben több időléptékben a korábbi geológiai időszakok változásait is bemutattuk.

hogy a késő középkor idején a Kárpát-medence csapadékmérlege a jelenkorinál nagyobb többletet mutatott, ahogy arra a Balaton növekvő vízszintjéből, a tó körül magasabbra „költöző” településekből, valamint egyes patakokon a vízimalmok elszaporodásából következtetni lehet. A 18. században érezhető volt átmeneti melegeedés az Alföld keleti peremvidékén, de a 19. században újra némi lehűlés mutatkozott a téli középhőmérsékletben. Megállapítható az is, hogy a megelőző szűk évezredben az évi középhőmérsékletek esetében 5,5 °C körüli különbségek, évtizedekben 3, félévszázad vonatkozásában pedig közel 1,5 °C eltérések alakultak ki.

A csapadék és párolgási viszonyok változási tendenciáiról a Balaton rekonstruált vízszintje alapján lehet közvetett információnk. A tó a 11. századtól emelkedő tendenciát mutatott egészen a 18. század közepéig (14.1. ábra). A vízszint-változások akár 4-5 méteres nagyságát látva érdemes elgondolkodni azon, hogy az utóbbi másfél-két évtizedben már a Balaton vízpótlásának szükségességéről és kiadásáról is beszélünk, miközben a tapasztalt két szélsőség az utóbbi száz évben (éves átlagot tekintve) alig 1 méter körül alakult.



14.1. ábra. A Balaton vízszint-ingadozása az elmúlt évezredben  
(Rácz 2011, Sági és Füzes alapján)

A tapasztalatból tudjuk, hogy mezőgazdaságunk számára alig van olyan év, ami kedvezőnek minősíthető, hiszen sokszor belvíz, máskor pedig aszály okoz komoly károkat. Érdekes azonban az agrárium klimatikus háttérét is hosszabb időtávban áttekinteni. Három évszázad (1701–2000) aszályossági adatait feldolgozva megállapítható volt, hogy az aszálymentes, enyhén illetve a mérsékelt aszályos évek száma évszázadonként alig változik (52-55, illetve 20-21), a jelentősebbnek minősített aszályok a 19. században gyakoribbak voltak (14.1. táblázat), viszont csak egyetlen év volt rendkívül súlyosan aszályos. A legaszályosabb ciklusok 1857–1866 között és 1986–1995 között fordultak elő. Az összegzett adatok alapján gyanakodhatnánk arra, hogy a 19. század folyószabályozásai is befolyásolhatták közvetve az aszályosságot, az évenkénti adatok áttekintése után azonban ez a lehetőség legfeljebb az előbbi idő-

szak kapcsán merülhet fel, de miután a 19. század utolsó negyedében csak 4 kevésbé aszályos év fordult elő, ezt a kapcsolatot elhanyagolhatjuk. Feltűnik ugyanakkor a 20. század vége felé a súlyos és a rendkívül súlyos aszályok gyakoribbá válása, ami a 21. század elején (2002, 2003 és 2007) is folytatódott (Pálfi 2009). Felvethető, hogy ez talán már a hazánkat is érintő éghajlatváltozás egyik kezdeti jele lehet. Összességében viszont az éghajlatnak a gazdálkodásra gyakorolt hatásának szerepe kisebbnek tűnik, mint azt előzetesen gondolhatnánk.

14.1. táblázat. Az aszályos évek előfordulása a 18–20. században Magyarországon (Pálfi 2009)

Az aszályos év minősítése	18. század	19. század	20. század	Összesen
Enyhe vagy nincs	55	52	55	162
Mérsékelt vagy lokális	21	20	20	61
Jelentékeny	14	21	11	46
Súlyos	5	6	8	19
Rendkívül súlyos	5	1	6	12
Összesen	100	100	100	300

### 14.1.2. A jelenlegi klímaváltozás hazai fő jellemzői

#### *Hőmérséklet*



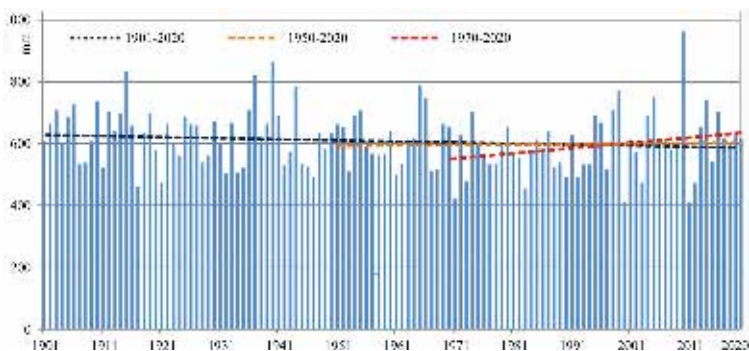
14.2. ábra. Magyarország évi középhőmérsékletének alakulása 1901–2020 (°C)  
(OMSZ alapján kiegészítve)

Hazánk hőmérsékleti viszonyai jól tükrözik a globális tendenciákat. Az 1901–2018 közötti időszak adatai szerint a lineáris trend számottevő  $+1,23\text{ }^{\circ}\text{C}$  emelkedést mutat (ez kissé meghaladja a világátlagot, de Európa adataiba jól beleillik), az elmúlt száz négy évtizedre vonatkozóan azonban  $+1,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nak adódik (OMSZ), ami már erőteljes változást jelez, ráadásul a legutóbbi 2019-es év újabb rekordot hozott (14.2. ábra). A

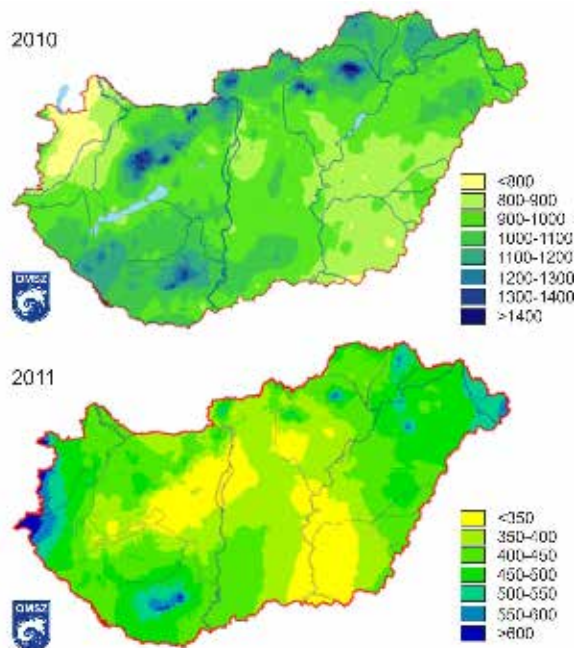
bő száz év adataiból az is jól látható, hogy a melegedő tendencia ellenére az egymást követő évek középhőmérsékleti értékei akár 1–1,5 °C-kal is eltérhetnek egymástól, az egy évszázadon belüli különbség pedig a 4 fokot is meghaladta. Az adatsorból jelentősen „kilóg” az 1940-es nagyon hűvös év.

## Csapadék

Ahogy korábban láttuk, a Földünk egészére vonatkozóan a csapadék esetében nincs egységes tendencia – vannak csökkenő és növekvő csapadéku területek is. Az elmúlt bő száz év hazai csapadék adatait elemezve pedig nehéz egyértelmű véleményt mondani, hogy van-e abban valamilyen tendencia, s ha igen, akkor mi az. Ennek oka, hogy a csapadék igen nagy szélsőségeket mutat mind időben, mind területi eloszlásban (14.3. és 14.4. ábra). 119 év adatai alapján az országos területi csapadéktátlag 600 mm körül alakul, de előfordult már 407 és 959 mm is – ráadásul egymást követő években (2010 és 2011). Ha ennek a bő száz éves időszaknak a csapadéktrendjét vizsgáljuk, akkor enyhén csökkenő (kb. 40 mm) mennyiséget tapasztalunk. Viszont ha az 1950 utáni évekre készítjük el a trendszámítást, akkor kb. változatlan, 1970-et követően pedig már némileg növekvő (kb. 30 mm) csapadékot láthatunk. Ez utóbbinak az 1970-es és 1980-as évek viszonylag egyenletes, de kisebb csapadéku időszaka, valamint a 2010-es kiemelkedően csapadékos év az oka. Az utóbbi évtizedek során az évi csapadékban tapasztalható növekvő trend azonban a szélsőségek miatt nagyon megtévesztő, és nem jelent feltétlenül több hasznosítható vízkészletet. Elég abba belegondolnunk, hogy egy szélsőségesen csapadékos évben a víztöbblet lefolyik, vagy a káros vízmennyiséget el kell vezetni. A jövő vízgazdálkodásának egy fontos célja megoldást találni arra, hogyan lehet ezeket a vízkészleteket is hasznosítani.



14.3. ábra. Magyarország évi csapadékmennyisége és a különböző időtávú trendjei 1901–2020 (az OMSZ adatainak felhasználásával)



14.4. ábra. A csapadékmennyiség területi eloszlása hazánkban 2010-ben és 2011-ben (mm)  
(Forrás: OMSZ)

A csapadékok területi eloszlását vizsgálva még nagyobb különbséget tapasztalhatunk. Iskolai tanulmányaiból szinte mindenki emlékezhet arra, hogy hazánkban a legtöbb csapadék a nyugati országrészen hullik, a legkevesebb pedig az Alföld középső részén. Ha azonban az imént már említett két szélsőséges csapadéku év területi eloszlását megvizsgáljuk, egészen másra figyelhetünk fel. A legcsapadékosabb évben a legkevesebb csapadék hazánk ÉNy-i részén hullott, ott és a DNy-i részekén is csak alig (vagy mérsékelten) haladta meg a sokévi átlagot. A következő, legszárazabb évben pedig az ÉK-i országrész csapadéka alig marad el a legcsapadékosabb nyugati részekétől. De a legmeglepőbb a két ábra jelmagyarázatának összevetése lehet: a két skála gyakorlatilag nem ér össze. Ez igazán jól szemlélteti a csapadék szeszélyességét. Ami viszont jól visszaigazolódik az ábrákon: a klímakutatók az elmúlt évtizedekben a csapadék egyre szélsőségesebb eloszlását prognosztizálták.

### 14.1.3. Az elmúlt évtizedek klímaváltozásának hazai hatásai, következményei

Ha valaki csak a klimatológiai adatokat látja, nehezen tud eligazodni, milyen irányú változásoknak vagyunk tanúi. Ahhoz, hogy határozottabb véleményt tudjunk kialakítani arról, csak egy klimatikus ingadozás történik, vagy a folyamat trendszerű – és akkor a folyamat klímaváltozásnak tekinthető –, a tájban zajló folyamatokat kell megvizsgálnunk, mert abban komplexen tükröződnek a változások. A kötet szerzőjét egy személyes tapasztalat győzte meg arról, hogy egy klimatikus trend részesei vagyunk.

Az 1970-es évek közepén egy délkelet-alföldi szikes puszta védetté nyilvánításához gyűjtöttünk adatokat. Geomorfológiai, talajtani és botanikai vizsgálatokat is végeztünk, a terület pedig előbb megyei védeltséget kapott, később pedig a Körös–Maros Nemzeti Park része lett. Negyedszázaddal később a területen járva olyan nagy változásokat tapasztaltam a tájon, hogy nem hittem a szememnek: a vakszik helyén füves puszta – érdemi emberi beavatkozások nélkül (14.5. ábra).



14.5. ábra. A „vakszik” táj 1976 és 2006 között teljesen átalakult, begyepesedett a Szabadkígyósi puszta déli részén<sup>7</sup>.

Egy geográfus számára aránylag gyorsan érthető lett, hogy itt, a táj vízforgalmában (mégpedig a talajvíz helyzetében) történt jelentős változás az átalakulás oka. Korábban a magas sótartalmú talajvíz közelebb volt a felszínhez, és az a nyári időszakban elpárologva sókiválásokat eredményezett. A talajvíz mélyebbre süllyedésével ez a só a talaj mélyebb rétegeiben maradt. (A talajtani vizsgálatok később megerősítették az előzetes feltevést.) Ez a terepi tapasztalat irányította rá a figyelmet arra, melyek azok

<sup>7</sup> A jobb oldali kép közepén látható karók az egykori mintavételi hely határát jelölték.

a tájalkotó elemek, amelyek leginkább képesek a trendszerű változásokat feltárni. Ezek a *talajvíz* (ami a csapadékkal szemben kiegyenlítettebben mutatja a nedvességviszonyok alakulását), a *vegetáció* (ami a légköri és a felszín alatti változásokat, mint a növényzet életfeltételeinek módosulásait tükrözi), illetve többfelé a *talajok* (ami a környezeti feltételek tartósabb változása nyomán átalakulhat). Mindezek együttes hatására a tájaink is megváltozhatnak. Az elmúlt két évtizedben több módszert is kidolgoztunk, amelyek a klímaváltozás tájainkra gyakorolt következményeit bizonyítják.<sup>8</sup>

### *A talajvíz, a tájak vízforgalmának rejtett tükre*

A talajvíz sajátossága, hogy a csapadékviszonyok változásaira csak lassabban reagál (egy-egy időszakban a csapadék le sem jut a talajvízszintig), viszont a csapadékkal ellentétben jelenléte folyamatos (többnyire térben és) időben. Akár több hónapos csapadékhiány esetén is elérhető – legfeljebb mélyebben.

A talajvíz hosszú évszázadokig a felszíni vizek mellett a lakosság fő vízforrása volt (pl. ázott kutak). Az elmúlt 60-70 év során azonban minősége olyan mértékben romlott (műtrágya- és vegyszerhasználat, szennyvíz elhelyezés), hogy emberi fogyasztásra alig alkalmas. Ugyanakkor ez a készlet a vegetáció legfontosabb vízforrása az országunk nagyobb részén. A talajvíz változásait az 1930-as évek óta egy folyamatosan bővülő kúthálózattal nyomon tudjuk követni. Bár a kutak száma elmarad a kívánatostól<sup>9</sup>, arra alkalmas volt, hogy változástérképeken képet tudjunk kapni a növekvő vagy csökkenő talajvízű területekről.

A talajvízzel kapcsolatos mennyiségi problémákra először az 1970-es évek második felében figyeltek fel a Duna–Tisza közti hátságon, ahol a talajvízszint soha nem tapasztalt süllyedése következett be. Ennek okaként a szakemberek (az 1980-as évek végén, 1990-es évek elején) számos lehetséges kiváltó tényezőt megjelöltek: időjárás, rétegvizek kitermelése, erdősítés, vízrendezés, szénhidrogén-kitermelés, stb. Fontosságuk sorrendjében, arányaikban azonban megoszlottak a vélemények (Pálfai 1994).

A geoinformatikára alapozott vizsgálatunkkal<sup>10</sup> sikerült első lépésben az *Alföld részterületeinek* talajvízkészlet-változásait több, mint fél évszázadra visszamenőlegesen mennyiségileg értékelni (14.6. és 14.7. ábra). Ez alapján a főbb megállapításaink:

- A talajvízkészletek változásai leginkább a csapadékviszonyokkal van kapcsolatban. A Duna–Tisza közti hátságon egy-egy nedvesebb vagy szárazabb év akár 3-5

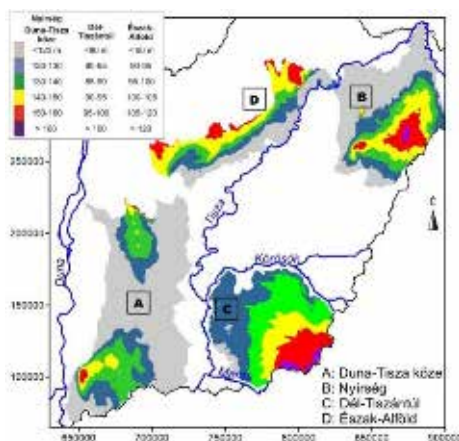
<sup>8</sup> Amíg a korábbi fejezetek többnyire mások adatainak szintetizálásán alapultak, a jelenlegi a Szegedi Tudományegyetemen mintegy húsz év során végzett kutatási eredményeink rövid kivonata. Ez a mai tudományban szinte nélkülözhetetlen csapatmunka eredménye. A kötet terjedelme nem teszi lehetővé az egyes témák részletes ismertetését, ezeket szakcikkeinkben az érdeklődő megtalálhatja.

<sup>9</sup> A megbízható és hosszabb időszakkal rendelkező kutak száma kétezer alatt van.

<sup>10</sup> Lásd Fehér–Rakonczai 2019, <https://ojs3.mtak.hu/index.php/hungeobull/article/view/1496>

km<sup>3</sup>-rel is módosíthatja a készleteket (ez hazánk évi teljes vízfelhasználásához közeli érték!) pozitív és negatív irányban egyaránt, míg a rétegvíz-kitermelése 40 év alatt összesen 2 km<sup>3</sup> körül alakult.

- A talajvíz mennyiségének csökkenése a Nyírségben is közel hasonló mértékű volt, mint a Duna–Tisza közti hátságon, csak kb. egy évtizedes késéssel kezdődött, és területileg jobban eloszlott a tájon. Mindkét tájon a csökkenés oka a másfél évtizedes szárazabb időszak mellett az, hogy sajátos földrajzi helyzetük miatt (környezetükből kiemelkednek) a talajvizük csak csapadékból tud táplálkozni, felszín alatti vízkészletekből (nagyobb mennyiségben) nem tud pótlódni. A másik két vizsgált tájon a készletek a mindenkor csapadékoktól függenek, hosszú idő-távú tendencia nem figyelhető meg változásukban.



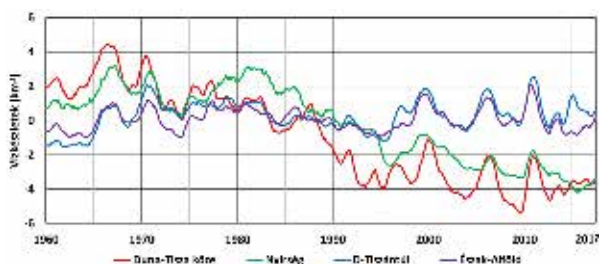
14.6. ábra. Az Alföld négy — klímaváltozás érzékenységi — vizsgálatba vont területe a magassági szintek feltüntetésével<sup>11</sup>

- Korábban kevés figyelem irányult a felszín alatti vízmozgások értékelésére. Bebizonyosodott, hogy ezeknek a szemünk előtt rejtve maradó készlet-átrendeződéseknek milyen nagy szerepe lehet. Ugyanis azok a területek, ahol a domborzat és a hidrogeológiai adottságok lehetővé teszik a felszín alatti áramlást (pl. Dél-Tiszántúl, Észak-alföldi hordalékkúp-síkság), ott szárazabb időszakban is kapnak a készletek utánpótlást. Ugyanakkor, ha magassági szintenként is megvizsgáljuk a vízkészletek változásait (14.8 ábra), megállapíthatjuk, hogy a Nyírségben és a

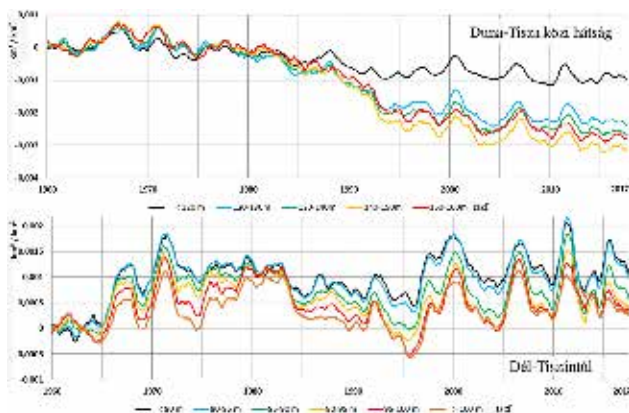
<sup>11</sup> A közeli nagy folyók nagyvizeinél magasabb területek.



Duna–Tisza közí hátságán a szárazabb időszakokban a magasabb részek felől is van eláramlás az alacsonyabbak felé (tájon belüli készlet átrendeződés), ami fokozza ezen tájak magasabb részeinek vízhiányát, és de egyidejűleg kisebb hiányt okoz az alacsonyabb területeken.



14.7. ábra. A kijelölt alföldi területek talajvízkészletének változása 1960–2017<sup>12</sup>



14.8. ábra. A Duna–Tisza közí hátság és a Dél-Tiszántúl fajlagos talajvízkészletének változása magassági szintenként 1960–2017 ( $\text{km}^3/\text{km}^2$ )

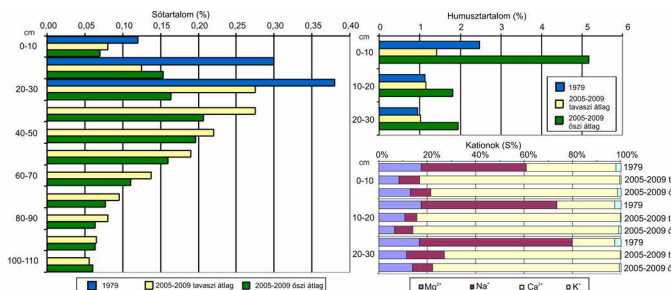
- Mindezek alapján megállapítható, hogy a Duna–Tisza közí hátság és a Nyírség (a talajvízkészletének fenti változásai miatt) a klímaváltozásra érzékeny, azok a tájaink viszont, ahol a felszín alatti vízpótlás lehetősége biztosított, kevésbé érzékenyek, amíg az aszályos évek mellett vannak szélsőségesen csapadékos évek is.

<sup>12</sup> A 14.7. és a 14.8. ábránál a referencia az 1950–2010 időszak átlaga

- Egy legutóbbi, országos értékelésünk szerint a Mezőföld és részben Somogy területe is érzékeny a klímaváltozásra (kisebb mértékben ugyan, mint az alföldi homokvidékeink), további tájainkon<sup>13</sup> a talajvízkészleteket nem, vagy kevésbé veszélyezteteti érdemben a klímaváltozás.

## Talajok változásai

A talajok szerepe lényegesen több annál, mint hogy a rajta levő növényzet életfeltételeit biztosítsa. Hazánk talajai szerkezetük miatt a legnagyobb természetes, potenciális víztárolók, hiszen a felső egy méteres tartományuk az átlagos (kb. 600 mm) csapadék több mint felét képesek egyszerre befogadni, jelentős részben a növények számára hasznosítható formában. Ezen túlmenően talajaink jelentős része hidromorf (vízhatású), amelyek kialakulásában és átalakulásában a táj vízellátottságának kiemelkedő szerepe van. Emellett a talajok fontos szerepet játszanak a szénkörforgalomban is. Ezen fontos tulajdonságaikat a gazdálkodás és az egyéb antropogén beavatkozások alapvetően befolyásolják.



14.9. ábra. Egy szikes talajszelvény néhány jellemző tulajdonságának átalakulása az 1979. és a 2005–2009. évi mérések alapján a Szabadkígyósi pusztán<sup>14</sup>

A természetes változások közül a talajok átalakulására a legjelentősebb hatást a talajvízállás változása gyakorolja. A talajvíz tartós csökkenése a kilúgzási folyamatokat segíti, míg emelkedése gyakran szikesedést okoz. A 14.5. ábra képpárja az előbbi folyamatot mutatja, amit a talajtani vizsgálatunk is bizonyítanak (14.9. ábra). A szík-

<sup>13</sup> Fontos megjegyeznünk, hogy a hegyvidéki területeinken érdemben nincs talajvíz, így azokra nem terjedhetett ki a vizsgálatunk. (Azokon a területeken más módszert használtunk a klímaváltozás következményeinek értékelésére.)

<sup>14</sup> 1979-ben csak 30 cm-ig történt mintavétel

telenedési folyamatban az összes csökkenése mellett a nátrium sók helyett a kalcium lesz a döntő, és a kedvezőbb feltételek miatt a növényzet elszaporodásával növekszik a szervesanyag-tartalom is. Egy Szeged környéki területen végzett részletes kutatásunkkal azt is sikerült kimutatni, hogy előbb következik be a talajok változása, és azt követi a növényzet átalakulása. Rossz öntözési gyakorlat esetén azonban a folyamat a másik irányba is bekövetkezhet, és a megemelkedő talajvíz szikesedést is előidézhet.

Főleg a nagyüzemi mezőgazdaság által használt területeken a talajokban több kedvezőtlen változás is megfigyelhető. A nehéz gépek a talajok tömörödését, az azonos szintben végzett mélyszántás eketalp réteget, a szerves trágyázás visszaszorulása romló talajszerkezetet és csökkenő széntartalmat okoz. A kedvezőtlen talajszerkezet rontja a talajok vízgazdálkodását, a szélsőséesebb csapadékviszonyok esetén pedig ez veszélyezteti a termelés biztonságát is. A kedvezőtlen emberi hatást jelzi az is, hogy egy 2019-ben közreadott átfogó talajvizsgálat megállapította, hogy szántóink 18 év alatt kb. 19 millió tonna szerves szenet veszítettek a felső 30 cm-es szintjükből, miközben az erdőkben, legelőkön és a vizes élőhelyeken nőtt a széntartalom (Szatmári et al 2019).

### *A vegetáció és a klímaváltozás kapcsolata*

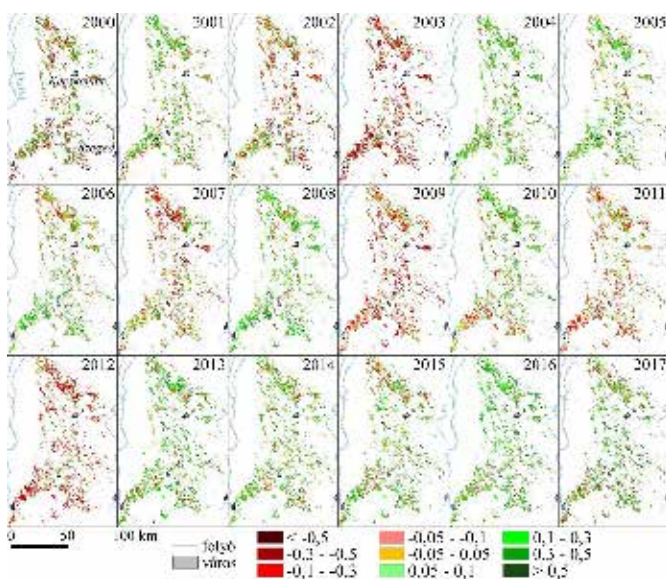
A klímaváltozás egyik legsokoldalúbb indikátora a növényzet. Ez ugyanis jelezheti a rövid idejű változásokat, fontos jelzője lehet a szélsőségeknek, de alkalmas lehet arra is, hogy az éghajlati szélsőségek hatásait letompítva, a változásokat akár tendenciásként érzékeltesse. A vegetáció a klimatikus körülményekhez igazodó biomassza-produkcióval, vagy a megváltozó körülményekhez való alkalmazkodás mértékével, netán annak hiányával jelezheti az életkörülmények megváltozását. A kutatások feltárták, hogy a múltban a növényvilág sokszor a vegetációs zónák eltolódásával reagált a klimatikus feltételek megváltozására. Hazánkban a jégkorszak utáni időszak klimatikus helyzetét néhány jellemző fafaj (pollenek által meghatározott) dominanciája alapján szokták tagolni (pl. fenyő-nyír, mogyoró, tölgy valamint bükk fázisok). De vajon hogyan képes reagálni a vegetáció a vélhetően korábbiaknál gyorsabb változásokra az ember által jelentősen felszabdalt, alig áthatolható „gátakkal” nehezített mesterséges tájakon?

### *Biomassza*

A műhold felvételekre alapozott biomassza<sup>15</sup> értékelésekkel a vegetáció – klímával kapcsolatos – rövidebb távú reakcióit tudjuk vizsgálni. Az éves biomassza mennyisé-

<sup>15</sup> Biomassza alatt kutatásunkban a zöld biomasszát értjük, és nem a területről begyűjtött termést. Ezért van lehetőségünk arra, hogy értékének változását éven belül is nyomon tudjuk követni.

ge és annak csapadékkal való kapcsolata (mennyiség, időszak) alapján következtetni lehet arra, hogy mennyire függ egy terület (vegetáció folt) a csapadéktól, illetve ha van kapcsolat, akkor melyik időszak csapadékával van leginkább összefüggésben. Ha egy területen a biomassza produkció nem függ érdemben a csapadéktól, akkor az nem klímaérzékeny, hiszen valószínűleg más forrásból is vízhez juthat. Viszont ha egy terület biomassza mennyisége a vegetációs időszak csapadékával van leginkább kapcsolatban, akkor nincs, vagy alig van kapcsolatban a talajvízzel, hiszen annak pótlódási időszaka leginkább téli, kora tavaszi.



14.10. ábra. A standardizált EVI értékek évenkénti térbeli eloszlása a Duna—Tisza közti erdők területén 2000—2017 között (Kovács — Gulácsi 2019)

Miután egy-egy mezőgazdasági területen évente más növényt termesztenek, és ha lehetőség van rá a vízhiányt öntözéssel pótolják, így a művelt területeken csak nagyon korlátozott lehetőség kínálkozik arra, hogy ott a klimatikus hatások és a biomassza kapcsolatát értékeljük. Leginkább a hosszabb ideig azonos helyen levő erdők és gyepek alkalmasak az ilyen elemzésre.

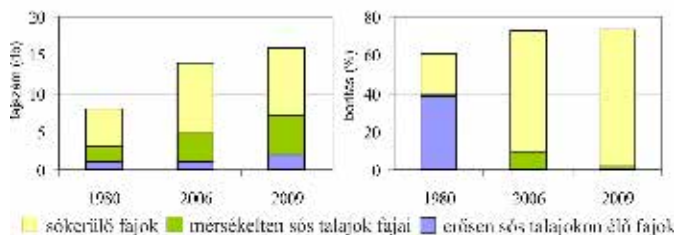
Hazánk klímaváltozásban talán leginkább érintett területén, a Duna–Tisza közén műholdfelvételek (250 m-es térbeli felbontású MODIS szenzor) alapján vegetációs

indexek segítségével elemeztük az erdőtömbök<sup>16</sup> vegetációs aktivitását 2000 és 2017 között (14.10. ábra). A melegedő klíma hatását a tavaszi időszakok intenzívebb kiszáradásában tapasztalhatjuk (lombos erdőknél 14-25%-os növekedés). Bár a biomassza-produkcióban az időszak alatt egyértelmű tendenciát nem lehetett kimutatni, de láthatóak 6-7 éves határozottan csökkenő vegetációjú időszakok. Az aszály az erdők esetében gyors és jelentős következményekkel jár, de erdőtípusonként nagyon különböző lehet, ami vélhetően a gyökérzet mélységétől is függ. Ilyen elemzéssel prognosztizálhatók az aszályhelyzetek területi hatásai. Például a Duna–Tisza közén az erdős vegetáció esetében a Pilis–Alpári-homokhát és az Illancs tekinthető a klímaváltozás szempontjából legveszélyeztetettebb „hot spot” területnek. Itt az általánosan pozitív értékeket mutató 2012–2017 közötti időszakban (de még a kimondottan csapadékos 2010-es évben is) nagyon jelentős negatív eltérés tapasztalható.

### *A táj vegetációjának átalakulása*

A vegetáció egyik legegyszerűbb reakciója a megváltozó vízellátottsághoz, az átalakuló talajviszonyokhoz először az egyedszámok csökkenésében érzékelhető. Ennek jól megfogható következménye volt például a 2000-es évek elején a szikes területeken a sókedvelő gyógynövény, a kamilla állományának visszaesése. A fejezetünk elején képileg is bemutatott tájváltozást botanikai adatokkal is alá tudjuk támasztani. Az 1970-es évek végén a Szabadkígyósi pusztán a talaj–vegetáció kapcsolat vizsgálatára 5 mintaparcellát jelöltünk ki. Ezek első részletes botanikai felvételezésére 1980 és 1982 közötti vegetációs periódusban (áprilistól szeptemberig) került sor, az összehasonlító vizsgálatokat 2006-ban és 2009-ben végeztünk. A növényzet alapján a terület átalakulása jelentős, szikességének csökkenése egyértelmű. Az öt mintaterületen a fajok száma csökkent (1980-ban 40, 2009-ben már csak 33 faj fordult elő a területen), viszont a korábban erősebben szikes területeken már változatosabb élővilág kezd elterjedni. Az átalakulás nyomán kialakuló jobb talajminőség miatt a növényzet borítottsága 2006-ban és 2009-ben is magasabb volt, mint negyed századdal korábban. Az erősen sós talajok növényeinek összborítása csaknem a felére csökkent; a gyengén és mérsékelt sós talajok növényeinek fajszáma kis mértékben emelkedett, ugyanis elfoglalták a visszahúzódó, erősen sótűrő növények helyét. A sókerülő fajok területi kiterjedése jelentősen megnőtt (14.11. ábra). A nagyobb vízigényű fajok száma és borítása 2006-ra emelkedett, jól tükrözve az akkori időszak (2005, 2006) csapadékosabb jellegét, a 2009-es száraz első félév miatt viszont ismét csökkent. Jól érzékelhető a kapcsolat, hogy a talajok megváltozása a növényzet átalakulását is magával hozza.

<sup>16</sup> Csak a legalább 2/3 részben lomb-, tűlevelű és elegyes erdőkkel fedett pixeleket értékeltük az EVI (Enhanced Vegetation Index) és a standardizált anomália variabilitása alapján.



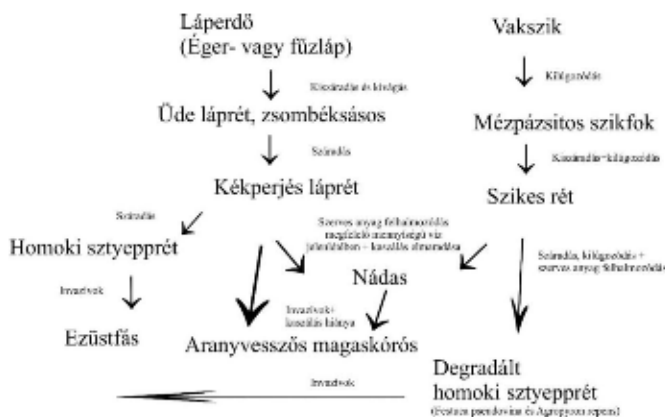
14.11. ábra. A természetes növényállomány fajösszetételének (a) és elterjedésének (b) változása egy 1980-ban hernyópázsit (*Agrostio-Beckmannietum*) által dominált területen (Körös–Maros Nemzeti Park, Szabadkígyósi puszta) (Barna 2011)

Egy másik példa a jelentős talajvízcsökkenéssel érintett terület a Duna–Tisza közti homokhátság, ahol a vizes élőhelyek sokfelé kiszáradásnak indultak, amit a növényzet degradációja kísért. A vízhiány nyomán a szikes élőhelyek kiszáradása, kilügződése a természetes növényzet folyamatos átalakulásával és jellegtelenedésével járt (14.12. ábra). Többfelé az átalakulás következtében élőhelyzonáció-eltolódás következett be.

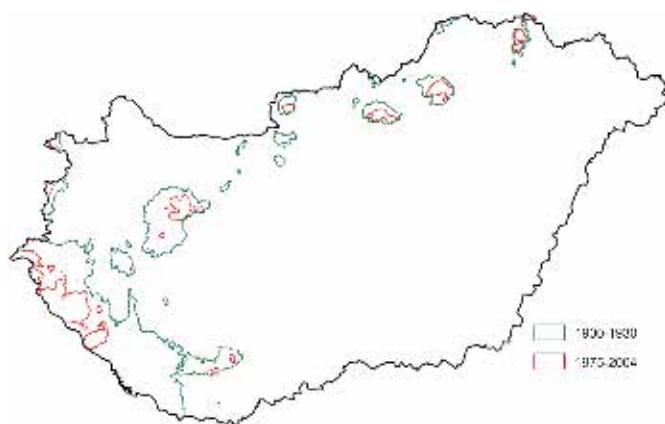
Földünk több pontján is megfigyelhető, hogy a globális melegedés hatására az erdők a sarkok felé (illetve a hegyeken a csúcs felé) tolódnak el. Ennek egyes jelei a hazai erdeink esetében is tapasztalható. Az 1970-es, 1980-as években Közép-Európában erőteljes erdőpusztulás zajlott le, ebben az időben Magyarországon a tölgyesek 15%-a elpusztult. Az okokat pontosan nem tudták, de úgy gondolták, hogy savas eső vagy rovarkártevők, esetleg valamilyen betegség állhat a háttérben. Az ok azonban már akkor is – legalább részben – a klímaváltozás, s ennek részeként az úgynevezett szárazsági határ elmozdulása lehetett, ami miatt már túl kevés volt a csapadék a fák számára. A szárazsági határ eltolódása miatti erdőpusztulás mára már Magyarországon is egyértelműen elkezdődött. A jelenlegi klimatikus változásokra talán legérzékenyebb fafaj, a bükk területi visszaszorulása, vitalitásának gyengülése és pusztulása nyilvánvaló. Mára már mérhetően kimutatható, hogy a 20. század első és utolsó évtizedei között a bükkösök jelentősen visszaszorultak hazánkban (14.13. ábra). Az utóbbi időszak erdészeti kutatásai azt is feltárták, hogy a bükkerdők pusztulásában nem az átlagos csapadék csökkenése, hanem a száraz évek csapadékhiánya a faállományok fennmaradásának korlátozó tényezője. A kis csapadék következtében a 21. század első évtizedében, főként a 2000–2004 közötti száraz években, az ország délnyugati részén, illetve a szárazsági határon levő, kisebb méretű erdőkben mutatkoztak jelentős károk. Emiatt a klimatikusan leginkább veszélyeztetett területeken, az erdők 30–50%-ában került sor egészségügyi kitermelésre, amikor a fákat a gazdaságilag optimálisnál jóval előbb kénytelenek kivágni.

Az erdőgazdálkodás nagyon nehezen tud alkalmazkodni a gyors környezeti változásokhoz, mert az erdei fák hosszú élettartama miatt 80–120 évre kellene előre

tervezni. A klímaváltozás miatt kipusztuló fajok hatására az erdők fajösszetétele kedvezőtlen irányban változik. Például a Bükk-hegységben a kocsánytalan tölgyek visszaszorulását cserjésedés, majd a juhar előretörése követte.

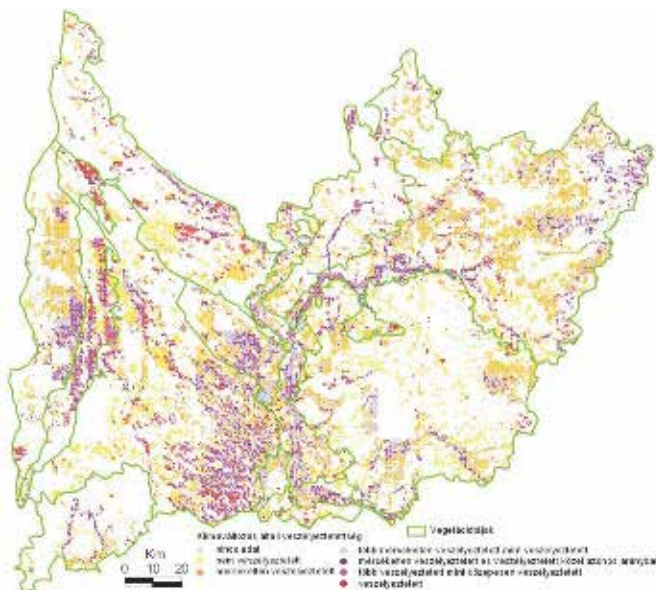


14.12. ábra. A Duna—Tisza közti homokhátság természetes élőhelyeinek degradálódása (Deák 2011)



14.13. ábra. A hazai bükk erdők területének csökkenése a szárazsági határ változása miatt a 20. században (Mátyás et al 2010)





14.14. ábra. A Dél-Alföld természetes élőhelyeinek klímaváltozás általi veszélyeztetettsége (Rakonczai et al 2012. Szerkesztette: Deák J. Á.)

Amint az előzőekben láhattuk, a különböző vegetációk reagálnak a klímaváltozás folyamatára – alkalmazkodó képességük és az adott földrajzi környezet függvényében. A természetes vegetáció tulajdonságait ismerve, részletes terepi felvételezésre alapozva, elkészíthetjük a növényzet klímaváltozással kapcsolatos érzékenységét jelző térképet (14.14. ábra). A Dél-Alföld területére készített vizsgálatunk során a MÉTA-adatbázis 35 ha-os hatszögeire vonatkozó adatokat használtuk fel. Ezen jól látható, hogy leginkább a vízellátottság határozza meg a növényzet érzékenységét, valamint az is, hogy az intenzív tájhasználat miatt nagy területeken nincs már természetes vegetáció.

Hazánk területén a mezőgazdasági területek és a beépített felszínek aránya magas, így a klímaváltozás tájra gyakorolt hatását nehezebb felismerni. Pedig a változásoknak több következménye jól látható és néhány további sejthető. Jelentősen csökkent a nyílt vízfelszínek, vizes élőhelyek száma és kiterjedése, ezzel párhuzamosan csökkent a táji diverzitás: az egykori vízborítások helyén jobb esetben gyepek, de gyakran szántók jelennek meg. A szikes területek visszaszorulásával sokfelé megváltozik a táj arculata, például a híres magyar puszták is teljesen átalakul: ahogyan korábban bemutattuk a vakszikek sokfelé megszűnnek, az egykor dús kamillamezők megritkulnak, állományaik összeszűkülnek. A talajok sótartalmának csökkenése, szervesanyag-tartalmának



növekedése sok természetvédelmi oltalom alá helyezett (pl. Natura 2000-es) területen megteremti a mezőgazdasági hasznosítás lehetőségét, miközben megszüntetheti a védettségének indokoltságát. Mindez kiegészül azzal, hogy a kevésbé termékeny területeken (a klímaváltozással is támogatva) a felhagyott szántókon előretörnek az invazív fajok. A mélyebbre süllyedő talajvíz többfelé már nem elérhető a növényzet számára, ami a talajvíz öntözési célú kivételét növeli, tovább fokozva annak csökkenését.

#### 14.1.4. Jövőbeli klímánk a hazai klímamodellezés eredményei alapján

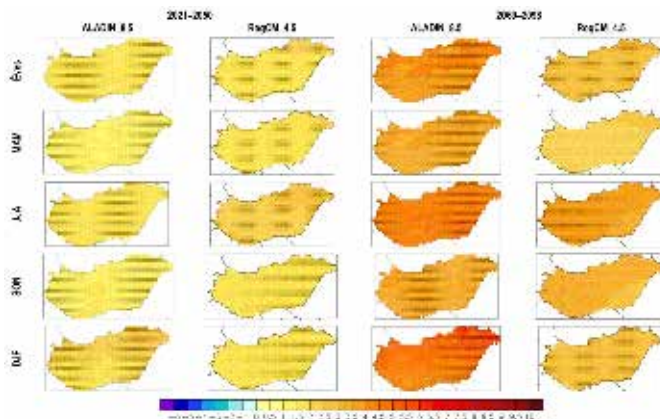
A klíma jövőbeli változásának előrejelzésére a legjobb vizsgálati módszer az éghajlati modellezés. Az éghajlati modellek képesek az éghajlati rendszer egyes összetevőinek fizikai, kémiai, biológiai folyamatainak leírására, valamint a komponensek közötti bonyolult kölcsönhatások és visszacsatolások jellemzésére, ezáltal képesek leírni az éghajlati rendszer választ egy feltételezett jövőbeli kényszerre. A feltételezett jövőbeli kényszerek egyik legfontosabb és legbizonytalanabb eleme az antropogén tevékenység, például a légkörbe bocsátott üvegházhatású gázok mennyisége. A jövőbeli előrejelzések többségénél az antropogén tevékenységet a jövőre felvázolt forgatókönyvek alapozzák meg. A modellezéshez jelenleg alkalmazott forgatókönyvek többféle pályát vázolnak fel, a társadalom és a gazdaság lehetséges fejlődési útja, valamint a klímaváltozás mérséklését szolgáló klímapolitika és intézkedések alapján (Moss et al 2010).

A magyarországi éghajlatváltozás várható jövőbeli alakulását a RegCM (RCP 4.5) és az ALADIN-Climate (RCP 8.5) regionális éghajlati modellek alapján mutatjuk be. A RegCM optimista forgatókönyvet alkalmaz, mely feltételezi a kibocsátás-csökkentő politikák bevezetését. Az ALADIN-Climate alapja pesszimista forgatókönyv, ez tükrözi a legnagyobb üvegházhatású gáz kibocsátásával járó útvonalat.

A modellek egyetértenek abban, hogy az évszázad végéig az átlaghőmérséklet továbbra is emelkedni fog a Kárpát-medencében, a 2021–2050 időszakra várhatóan 2 °C körüli mértékben, míg a 2069–2098 időszakra 3–4 °C körüli mértékben. Az ALADIN-Climate pesszimista scenáriója nagyobb mértékű (4 °C körüli) melegedést mutat, mint a RegCM (3 °C körüli) az 1971–2000 referencia-időszakhoz viszonyítva (14.15. ábra).

A csapadék várható változásának előrejelzése lényegesen bizonytalanabb, mint a hőmérsékleté. Ebben a tekintetben a modellek nemcsak a változás mértékében, de annak előjelében sem mindig mutatnak egyezést. Az ALADIN-Climate modell szerint a század végéig az éves átlagos csapadékösszeg kismértékű növekedése várható (az 1971–2000 referencia-időszakhoz viszonyítva), míg a RegCM modell szerint az éves

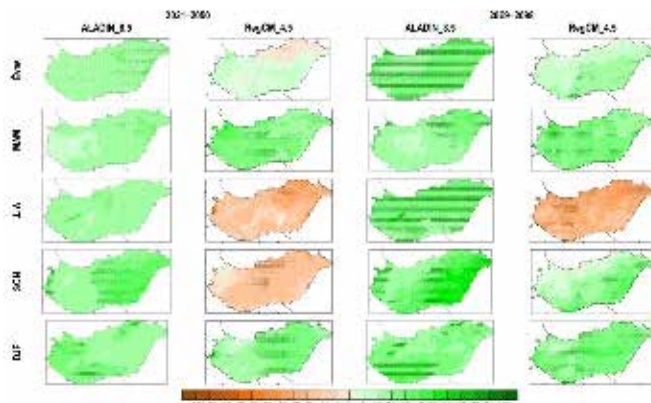
átlagos csapadékösszeg a század közepére az ország északkeleti részén akár csökkenhet is, az évszázad végére azonban már nem várható csökkenés, az éves csapadékmennyiség a referencia időszakhoz hasonlóan alakul (14.16. ábra).



14.15. ábra. Az éves és évszakas átlaghőmérséklet változása Magyarországon 2021—2050-re és 2069—2098-ra az ALADIN és RegCM modellszimulációk eredményei alapján az 1971—2000 referencia-időszakhoz viszonyítva (°C)<sup>17</sup>.  
(éves és negyedéves értékek) (Forrás: Csorvási et al. 2016)

A hőmérséklet évszakas változását megnézve az évszázad közepéig az ALADIN-Climate téltre, a RegCM pedig nyárra adott a többi évszaknál valamelyest nagyobb melegedést (14.15. ábra). Területiségét tekintve az évszázad közepére a modellek a melegedés mértékében jelentősebb változékonyságot nem mutatnak. Az évszázad végére az ALADIN-Climate modell szerint erősebb a változás térbeli tagoltsága (pl. kontrasztosabban rajzolódnak ki hegyvidékeink), a legnagyobb hőmérséklet-emelkedés továbbra is télen várható. A RegCM modell becsléseinek térbeli változékonysága a század végére kisebb, és továbbra is a nyári időszakban prognosztizálja a legnagyobb hőmérséklet-növekedést. A hőmérséklet éven belüli menete a modell-szimulációk szerint nem változik lényegesen a jövőben, továbbra is a január lesz a leghidegebb hónap és júliusban várható az éves maximum (14.17. ábra). A két modell közötti fő különbség, hogy az ALADIN-Climate alapján az éves hőingás mértéke várhatóan csökkenni fog a referencia-időszakhoz képest, míg a RegCM szimuláció alapján az éves hőingás mértéke növekszik.

<sup>17</sup> A szignifikáns változást pontozás jelöli.



14.16. ábra. Az éves és évszakos csapadékösszeg átlagos változása Magyarországon 2021—2050-re és 2069—2098-ra az ALADIN és a RegCM modell-szimulációk eredményei alapján az 1971—2000 referencia-időszakhoz viszonyítva (%)<sup>18</sup>.  
(Forrás: Csorvási et al. 2016)

Az évszakos csapadékmennyiség változásait tekintve az ALADIN-Climate nem jelez lényeges különbséget az évszakok között, míg a RegCM modell eredményei nyárra és ősze csökkenő, télre és tavaszra kismértékben növekvő csapadékmennyiséget mutatnak a század közepére, a század végére azonban csak a nyári időszakban valószínű kevesebb csapadék (14.16. ábra). A csapadék éven belüli eloszlását tekintve az ALADIN-Climate szerint az eloszlás változatlan marad a referencia időszakhoz képest. A maximum továbbra is júniusban várható, de a júniusi maximum várhatóan jóval magasabb lesz a jelenleginél. A minimum továbbra is február-márciusban lesz, sőt márciusra a referencia időszaknál kisebb értékeket jelez a modell. A RegCM modell szerint a csapadék eloszlása várhatóan megváltozik. A század közepére a maximum áprilisra, a minimum szeptember-októberre tolódik el; a század végén pedig a maximum szintén április-június, viszont a csapadékminimum már a nyár végén, augusztusban várható (14.17. ábra).

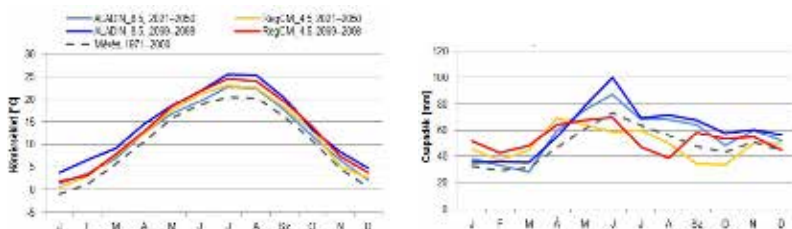
Az átlagos hőmérséklet és csapadék változások mellett a klímaváltozás várható hatásait jelentősen befolyásolja a szélsőségek előfordulásának változása is<sup>19</sup>. Általánosságban a modellek alapján az évszázad végéig a meleg hőmérsékleti szélsőségek előfordulásának egyre nagyobb mértékű növekedése, valamint a hideg szélsőségek egyre nagyobb mértékű csökkenése várható. Ennek eredményeképpen az évszázad végére a

<sup>18</sup> A szignifikáns változást pontozás jelöli.

<sup>19</sup> [https://www.met.hu/downloads.php?fn=/RCMTeR/doc/reports/D4.2\\_C13-I0\\_kozos-kiertekes\\_projekcio.pdf](https://www.met.hu/downloads.php?fn=/RCMTeR/doc/reports/D4.2_C13-I0_kozos-kiertekes_projekcio.pdf)

hőségnapok száma (amikor a maximum hőmérséklet meghaladja 30 °C-ot) akár egy teljes hónappal (30-40 nap) is növekedhet a referencia időszakhoz viszonyítva, míg fagyos napok (amikor a minimum hőmérséklet 0 °C alatt van) előfordulása akár közel két hónappal (55-60 nap) is rövidülhet.

A csapadék szélsőséges előfordulását mutatják a nagy és extrém nagy csapadéku napok száma (a napi csapadék meghaladja a 10 ill. 20 mm-t), vagy a száraz időszakok hossza. Az évszázad végére a nagy és extrém nagy csapadéku napok számában országos átlagban a nyár kivételével minden évszakban növekedés várható, de ennek mértéke térben erős változékonyságot mutat. A száraz időszakok az évszázad közepéig télen és tavasszal 1-2 nappal rövidülhetnek, nyáron hasonló mértékben hosszabbodhatnak, de térben a modellek az országon belül nagyon eltérő képet mutatnak.



14.17. ábra. Országos havi átlaghőmérséklet (°C) és havi csapadékösszeg (mm/hónap) várható értékei 2021—2050-re és 2069—2098-ra az ALADIN és a RegCM modellek alapján.

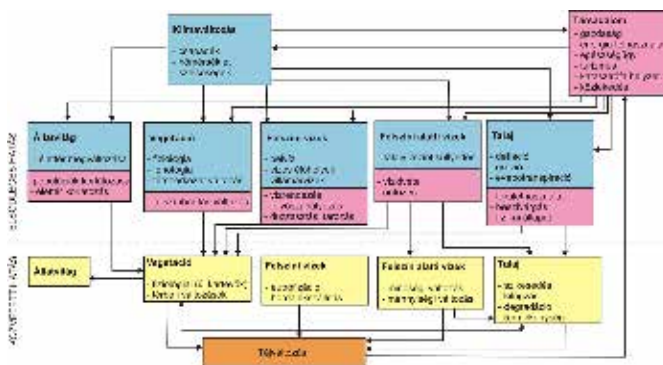
(Forrás: Csorvási et al. 2016)

### 14.1.5. A klímaváltozás néhány gyakorlati következménye

A klímaváltozás és a társadalmi hatások együttesen – gyakran egymás hatását erősítve – jelentősen, de területileg nagyon különbözően hatnak tájaink átalakulására (14.18. ábra). Az ábrára tekintve mindenkinek nyilvánvaló lehet, hogy jelen kötetben a fejezetünk címében jelölt gyakorlati következményekről legfeljebb érintőlegesen tudunk szólni. A témával mind a kutatók, mind az államigazgatás foglalkozik, próbál mindenki a legjobb tudása szerint megoldási javaslatokkal is szolgálni.

Folyamatábránk sokkal bonyolultabb lenne, ha a természeti elemek mellett a különböző gazdasági, társadalmi következmények szemszögéből is elkészítenénk a hatáskapcsolatokat. Az már sokak számára világos, hogy a globális melegedés nyomán új kórokozók, kártevők jelennek meg hazánkban is. Ezek egy része már napjainkban is komoly gondot okoz az erdészet (pl. szúfélék pusztítják bükkjeinket, fenyveseinket) vagy a mezőgazdaság számára, de az egészségügy is aggódva tekint ezekre a

„mikro migránsokra” (nyugat-nílusi láz<sup>20</sup>, malária, stb. megjelenése). A szélsőesebb időjárás miatt akár egy időben károsítja a mezőgazdaságot az aszály és a belvíz. A hőhullámok szaporodása és erősödése pedig a gazdasági szféra mellett az emberek mindennapjaira is jelentős hatással vannak. A sok potenciális probléma közül egy, a mezőgazdaságot érintő kérdést viszont részletesebben is kiemelnék, mert jól mutatja, mennyire nem látjuk át sokszor kapcsolatrendszerében a folyamatokat.



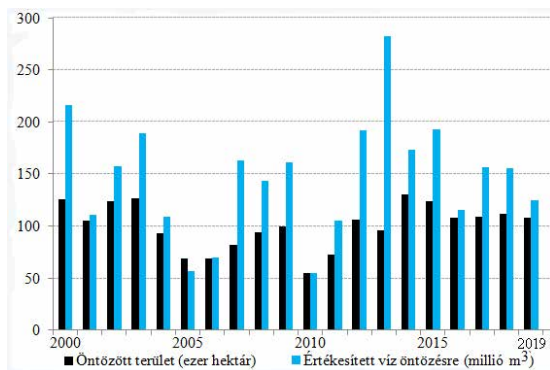
14.18. ábra. A klímaváltozás és a társadalom tájra gyakorolt hatásainak vázlatos kapcsolatrendszere hazánkban (Rakonczai 2013)

Szárazabb időszakokban rendszeresen előtérbe kerül az „örök varázsszer”, az öntözés fejlesztése. Érdekes azonban ilyenkor a statisztikákat és a szakmai cikkeket elővenni. Az 1970-es évek néhány évétől eltekintve a hazai öntözött területek kiterjedése 200 ezer hektár alatt maradt, és az utóbbi két évtizedben nem érte el a 150 ezer hektárt sem. Ezzel összhangban a kiöntözött víz mennyisége évente általában 100 és 200 millió m<sup>3</sup> között alakult (14.19. ábra). Jelenleg mintegy 200 ezer hektár van öntözésre berendezve, és potenciálisan 350-400 ezerre lenne lehetőség, de a legoptimistább elképzelések is csak 800 ezer hektár öntözési lehetőségekről beszélnek. De még ez az érték is csak 15%-a a hozzávetőlegesen 5,3 millió hektár mezőgazdasági szántóterületnek, miközben ma 1-2% között tartunk. A szakemberek nem véletlenül jelzik, hogy valójában nem az öntözés fogja a növekvő aszály problémáját hazánkban megoldani. Miközben – ahogyan a korábbi fejezetekben láttuk – a világ számos területén a vízhiány a mezőgazdaság legnagyobb korlátja, nálunk – bár a készleteink végesek – a vízmennyiséggel jelenleg nem lenne gond. Ha rápillantunk a 14.7. ábrára,

<sup>20</sup> 2018-ban már pl. 15-en haltak meg hazánkban is ebben a betegségben.

jól látható, hogy az évi 0,1-0,2 km<sup>3</sup>-nyi öntözővíz (aminek egyébként is kb. 92%-a felszíni vizekből származik) mennyisége szinte észrevétlen az éves talajvízkészlet változáshoz viszonyítva. (Jelenleg nem tárgyaljuk sem az öntözés-fejlesztés talajtani és infrastrukturális korlátait, sem közgazdasági vonatkozásait.)

Joggal merül fel a kérdés: van-e fenntartható vízhasználat a nagyüzemi mezőgazdaság számára egy szélsőségesebb csapadékeloszlás és erősen korlátozott öntözési lehetőségek mellett? Bármilyen hihetetlen, de van! Sőt annál több is. Már gyakorlatban is működik (igaz még csak tízezer hektár körüli területen) az a mezőgazdasági termelési gyakorlat, ami nemcsak alkalmazkodik a szélsőséges csapadékeloszláshoz, hanem széndioxidot köt meg (fontos segítség lehetne a klímasemlegesség felé), így növeli a talaj szervesanyag-tartalmát, termelékenységét. Ráadásul még olcsóbb és környezetbarát is.



14.19. ábra. Az öntözött területek nagysága és a kiöntözött víz mennyisége hazánkban 2000—2019 (az adatok forrása KSH)

A röviden csak „no till”, azaz mélyszántás nélküli „talajmegújító mezőgazdaság” egyszerűségével és hatékonyságával nemcsak a klímaváltozással szembeni alkalmazkodásban lehet a jövő (bár jobb lenne, ha már a jelen), de a környezettudatossága egészségesebb terméket is eredményez. Ez a gazdálkodási mód négy alapelvet tart fontosnak: a) változatos növényállomány, b) minimális talajművelés, c) állandó talajtakarás, d) mindig élő gyökérzet. Mindezek lehetővé teszik a hatékony „talajélet” kialakulását, ezen keresztül a szervesanyag-tartalom növekedését, csökkenti a talaj párologtatását, segíti a jobb talajszerkezet kialakulását, könnyebbé teszi a talajszerkezetben belüli vízmozgást, azaz a kedvezőbb vízgazdálkodást, stb.

Az elmúlt évszázadokban a talajok folyamatosan szert vesztek, de különösen igaz ez az ún. intenzív mezőgazdaság időszakában. A szerves trágyákat sokféle ki-

szorító, vegyszereket használó mezőgazdaság növekvő terméshozamokat tudott felmutatni, ami az utóbbi évtizedekben felgyorsította a talajok szénvesztését. Gondoljunk bele: a műtrágyákkal nitrogént, foszfort, káliumot, mikroelemet, stb. juttatunk a talajba, de szenet nem (azt csupán a levegőből vehetik fel a növények). Mindeközben a terményekkel cellulózt, szénhidrátot, keményítőt, fehérjét, stb. szállítunk el, amik jelentős mennyiségű szenet tartalmaznak. A rendszerváltozást követő agrárszerkezeti átalakulás a korábban is csökkenő szerves trágya használatot még inkább háttérbe szorította. Hosszú távon ez az egyirányú szénforgalom a talajok szervesanyag-tartalmának csökkenését okozta, és a talajok szerkezetére is káros hatással van. A talajmegújító mezőgazdaság ezt a szénforgalmat teszi újra kétirányúvá. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy az eljárással akár 3-5 év alatt számottevő vastagságú termőtalaj alakulhat ki még homokfelszíneken is. A talajban megkötött szén nemcsak annak minőségét javítja, de csökkenti az egyik legfontosabb üvegházgáz mennyiségét a levegőben, azaz egy eszköz a klímaváltozás elleni küzdelemben.



14.20. Példa a mélyszántás nélküli gazdálkodás kedvező hatására száraz időszakban.  
(Fotó: P. van Eyckes és Kökény A.)<sup>21</sup>

Ahogyan a 14.1.3. fejezetben említettük, a talaj a legjobb víztároló. A talajmegújító mezőgazdaság nemcsak a feltalaj szerkezetének javításán keresztül tudja a talajok

<sup>21</sup> A baloldali kép Pierre van Eyckes gazdaságában készült Csákánydoroszlón 2015. augusztus 5-én. Az aszályos 2015-ös évben mélyszántás nélkül, 140 kg/ha nitrogén műtrágya felhasználásával 9,2 t/ha kukoricát takarított be (az országos átlag 5,7 t/ha volt). A jobb oldali kép az előző helyszín közelében készült, egy nappal később, kiszáradt növényeket mutatva. A kukoricák állapota jól tükrözi a talajok vízellátottsági különbségeit a nyár közepén.



vízátvitelét javítani, de a mélyre lenyúló gyökérzet (illetve az azok által kialakított járatrendszereken) keresztül (és az eketalp réteg megszűnése miatt) intenzívebb csapadékok esetén gyorsabb beszívargást tesz lehetővé. Ugyanakkor szárazabb években a mélyre lenyúló gyökérzet könnyebben tudja biztosítani a nedvességet a növények számára. Ez azt is jelenti, hogy vízbő (belvizes) időszakokban jóval több vízkészlet marad helyben (és az elvezetése is kevesebb gondot okoz), amihez szárazabb időszakokban a növény hozzá tud jutni (14.20. ábra).

Mi magyarok sokszor gyanakvók vagyunk, és egy-egy új dolog kapcsán azt mondjuk, „hiszem, ha látom”. A talajmegújító mezőgazdaság eredményei már láthatóak – sajnos nem eléggé széles körben. A 2017-es évben az év agráremberének választott Kőkény Attila előadások sorozatán (melyek közül több az interneten is elérhető) bizonyítja a gazdálkodási módszer eredményességét, mégis lassan halad annak elterjedése. Igaz, a módszer igazán sikeres alkalmazásához gondolkodni is kell, de egy szakember már jól bejáratott gyakorlatot tudna átadni a gazdáknak – ha nyitottabbak lennének. És sokkal nyitottabbnak kellene lennie az agrárgazdaság mindenkor irányítóinak is. Ha nem eléggé meggyőző az, hogy lényegesen kevesebb (vagy semmi) a műtrágya és a vegyszerhasználat, jóval kisebb a gépszükséglet (kisebb talajtömörödés, energiafelhasználás és CO<sub>2</sub> kibocsátás), így még azonos terméseredmény esetében is jóval gazdaságosabb lenne, akkor talán a klímaváltozás miatti kiszámíthatatlanabb csapadékmennyiség mégis döntő érv lehetne. (Itt szándékosan nem kívánok kitérni az ellenérdekeltek körére.)

Tehát miközben hol a sok, hol pedig a kevés víz problémájával küzdünk, a talajmegújító mezőgazdaság tapasztalatai bizonyítják, hogy *a csapadékmennyiség sokkal kevésbé gátja a mezőgazdaságunk termelékenységének, mint azt a többség gondolja*. Sokan az öntözésben látják a megoldást, és az izraeli mezőgazdaság tapasztalataival példálózhatnak. De Magyarország nem sivatagi ország, még ha néha a Duna–Tisza köze elsivatagosodásáról is beszélnek (egyébként helytelenül). Korábban láttuk, hogy a hazai öntözésfejlesztésnek területi korlátai vannak, de akkor nem is kell mindenkinek vizet biztosítani, ha van olyan módszer, amivel a jelenlegi csapadékmennyiség is elegendő lehet. Rá kellene döbbernünk, hogy *gazdaságilag is sokkal olcsóbb a gondolkodást odavinni a gazdálkodókhoz, mint a vizet!*

Mielőtt az a vád érne, hogy öntözésellenes vagyok, szeretném kijelenteni, hogy nem. Csak fontosnak tartom, hogy ott öntözzünk és olyan növényeket, ahol az gazdaságosan megvalósítható. A Duna–Tisza közí hátság magasabb részein, közel ivóvíz áron, nem lehet folytatni gazdaságosan nagyüzemi öntözéses szántóföldi gazdálkodást. Ide egy Duna–Tisza csatorna sem hozná el a néhányak által elképzelt „csodát” – viszont a környezeti problémákat igen.

A jövő fontos feladata, hogy rendszerben próbáljunk gondolkodni. A klímaváltozás egy természeti folyamat, ami a Föld történetében rendszeresen bekövetkezett, igaz



a jelenlegi változásokban az emberiségnek súlyos felelőssége van. Ez ellen lehetne tenni, de mint a könyvünkben bemutatjuk, hiányzik hozzá az érdemi politikai akarat. Ha valamikor mégis komoly tettekre kerülne sor, akkor annak hatása jó esetben is csak évtizedek múlva lenne tapasztalható. A hatékony gazdálkodáshoz nincs más út, mint adaptálódni a változásokhoz. Ebben pedig nem kell globális döntés, elég lenne hazánkban cselekedni.

## 14.2. A savas esők

A világ több területén jelentkező savas esők problémája (lásd 5.4.fejezet) hazánkban az 1970-es évek végén került a figyelem középpontjába. Bár Magyarországon az erdei talajok fokozódó savasodását már egyes elemzések a 1972–1976 közötti időszakban is jelezték, a problémára csak az 1970-es évek vége felé figyeltek jobban oda. A korábban tipikus erdőkárok (szél- és hótörés, tűz, vadrágás) mellett az 1978-1979-es évektől kezdődően egyre nagyobb arányban egy teljesen új típusú megbetegedést és gyors ütemű faelhalást tapasztaltak. Kezdetben ez leginkább a hegy- és dombvidékek klímazonális, őshonosnak tekinthető kocsánytalan tölgy állományait érintette, de kisebb mértékben más állományok is károsodtak. Ekkor hazánk összes fafajának 16%-a volt kocsánytalan tölgy. Egy országos felmérés szerint (amely kb. 20 ezer kocsánytalan tölgyet vizsgált meg) 1985-re már 20,5%-uk kipusztult. Főként az Északi-középhegységben volt magas az elhalt fák aránya (26,4%), az Alpoknál viszont „csak” 5,6% volt. Később ezek az arányok folyamatosan emelkedtek, és a pusztulás egyes erdő-részletekben 1987-re már elérte a 80-100%-ot is.

A kutatások arra utaltak, hogy a nagyobb pusztulások először az alacsonyabb pH-jú talajokon és a nagyobb légszennyezők (pl. erőművek, vegyi üzemek) 15-20 km-es környezetében jelentkeztek. Megfigyelhető volt az is, hogy a pusztulás kezdeti időszakától (más országokhoz hasonlóan) fokozatosan eltűntek az erdőkből azoknak az ehető gombáknak a termőteste, amelyek szimbiotikus kapcsolatban voltak a fákkal, s ezzel szinte egyidejűleg egyre nagyobb mértékű fapusztulás kezdődött. Később kiderült, hogy a *savas esők közvetett hatásukkal eredményezték a fapusztulásokat*. A savas ülepedés ugyanis megváltoztatta a talajok kémhatását, a savanyúbbá váló talajokból pedig elpusztultak (vagy inaktívvá váltak) a kocsánytalan tölgy vékonygyökérzetével pozitív szimbiózisban élő mikorrhiza-gombák, amik a fák víz- és tápanyagfelszívó gyökérzetének területét akár három-négyszeresére növelték. Ennek a kapcsolatnak különösen a szárazabb, meleg nyári időszakokban volt jelentősége. A csökkent és károsodott gyökérzetű fák a hosszabbra nyúló száraz időszakban már nem tudtak elegendő vizet és tápanyagot felvenni. Ez az ökológiai stressz alakította ki a betegséget, majd ez vezetett a fák pusztulásához. A nagymértékű *fapusztulás tehát*

*a savas ülepedés és a tartós száraz időszak együttes hatására alakult ki.*

Hazánkban a kritikus mértékben elsavanyodott területek nagysága legalább 400 ezer hektárra tehető. A talajok savanyodásának folyamata a mezőgazdasági területeken is érzékelhető volt az 1980-as évek folyamán, azonban itt erősen keveredett a savas esők és a szakszerűtlen műtrágyázás együttes hatása. Egy 1978-as rendelet a műtrágyázás hatékonyságának növelése (és a környezet károsításának csökkentése) érdekében kötelező talajvizsgálatokat írt elő a nagyüzemek számára. Ennek a háromévenként elvégzett, három ciklusra kiterjedő vizsgálatnak összegző eredményei már ennyi idő alatt jól mutatták a változásokat. A talajok kémhatása jelentős mértékben csökkent, a savanyú talajok aránya 35%-ról 50% fölé emelkedett, a mészhányos talajok aránya nőtt. Miután a vizsgálatok a talajok javuló hasznosítása érdekében történtek (ennek hatása jól mérhető volt a kevesebb, de célirányosabb műtrágya-felhasználásban), joggal tételezhető fel, hogy a változások nagyobb részét a savas ülepedés hatása okozta. A Genfi Egyezmény (lásd a 18.2.3. fejezetben) és a hazai gazdasági visszaesés hatására azonban az 1980-as évek végétől jelentősen csökkent a savas esőkért leginkább okolható kén- és nitrogén-kibocsátás, így azok következménye is.

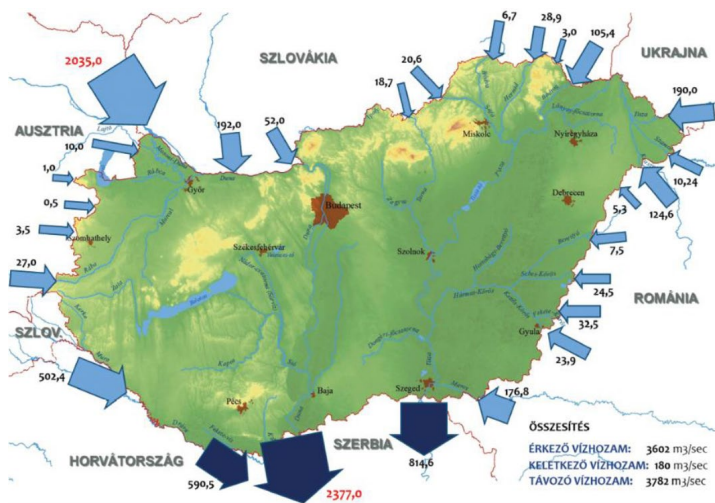
## 14.3. A globális változások és vizeink környezeti problémái

### 14.3.1. Vízkészletek

A globális klímaváltozás mellett a vízproblémák egyre gyakrabban kerülnek előre az emberiséget leginkább veszélyeztető kockázatok között (lásd. 6. fejezet). Ha a vízstressz általi veszélyeztetettség nemzetközileg használt mutatóját nézzük<sup>22</sup>, akkor az alapján hazánk is erősen vízhiányosnak számít. Ahogy arra már korábban utaltunk, ez a mutató országunkat (és még néhány országot) megtevesztően minősíti. Igaz ugyan, hogy a felszíni vizeink 95%-a külföldről származik, de folyóink kellő vizet szállítanak az év nagyobb részében. A külföldről érkező felszíni vizek a hazai területekről történő lefolyással és a felszínalatti vízkitermelések mennyiségével kiegészülve azt eredményezik, hogy több felszíni víz távozik országunkból, mint ami beérkezik (14.21. ábra). Ha a hazánkon átfolyó évi kb. 114 km<sup>3</sup>-nyi vízmennyiséget összevetjük az 5 km<sup>3</sup>-nyi teljes vízfelhasználással, akkor látható, hogy jelenleg bennünket nem sújt a vízkrízis. Ahogyan azonban fejezetünk korábbi részében láthattuk, az orszá-

<sup>22</sup> Emlékeztetőül: víz stressz által sújtott egy ország, ha a területén az egy főre jutó megújuló vízkészlet kevesebb, mint 1000 m<sup>3</sup>.

gunk legalább 1/3-án a talajvízkészletek erősen kapcsolatban vannak a klímaváltozással, ami készletoldalról jelentős kockázati tényező. Egy szélsőségesebb eloszlás rontja a csapadékok hasznosulását.



14.21. ábra. A folyók által szállított felszíni vízmérleg (Forrás: OVf 2019)

Rétegvizeink a növekvő kitermelések miatt az 1960–1980-as évek során jelentős nyugalmi vízszintsüllyedést mutattak, ami a vízkivételek fenntarthatatlanságára utalt. A rendszerváltozás gazdaságra gyakorolt hatása miatt az ipari vízfelhasználás jelentősen visszaesett, a vízszolgáltatási díjak piaci alapokra való helyezése pedig a kommunális vízfogyasztás csökkenésével járt. (Piaci eszközökkel sikerült a környezettudatosság irányába elmozdulnunk.) Így, bár az ivóvíz-felhasználásunk jelentős része felszínalatti készletekből származik, a jelenlegi kitermelési mértékkel hosszú távon fenntarthatónak látszik.

Mésző (és dolomit) hegységeink jelentős, jó minőségű karsztos vízkészletet tárolnak. Ezek a készletek azonban – a kőzetek sajátosságai miatt – erősen függenek a csapadékviszonyoktól, azaz klímaérzékenyek. Ezen túlmenően azonban a szennyezésekkel szemben is védtelenek. Az 1970-es évek közepétől az 1990-es évek elejéig az ún. eocén-program keretében a bányászat biztonsága érdekében a Dunántúli-középhegység több területén aktív karsztvízszint-csökkentést végeztek, ami jelentős környezeti károkat okozott. A program leállítása után viszont a vízkészletek lassan regenerálódtak.

A rendelkezésre álló vízkészletek hasznosíthatóságát alapvetően befolyásolja azok minősége. A 2000-ben életbe lépett EU Víz keretirányelve<sup>23</sup> egyik kiemelt követelménye a vizek jó állapotának elérése. Ennek érdekében például folyamatosan törekedni kell a szennyezések csökkentésére. Az eltelt időszakban jelentős eredményeket tudunk felmutatni, az utóbbi években azonban új kihívást jelent a mikroműanyagok problémájának megjelenése.

A klímaváltozás egy sajátos környezetvédelmi problémát is felszínre hozott a vizeinkkel kapcsolatban. A Duna tartós nyári kisvizei az emelkedő hőmérséklettel párosulva a Paksi Atomerőműnél üzemelési problémát okozhat: például környezetvédelmi okokból az erőmű hűtővize nem emelheti 30 °C fölé a Duna vizét<sup>24</sup> (a bevezető csatornától fél kilométerre), különben csökkenteni kell teljesítményét.

### 14.3.2. Árvizek

Miután hazánk területének jelentős része árvízveszélyes, így a klímaváltozástól függetlenül is folyamatos figyelmet kell fordítani az árvízi biztonságra. A nagyobb részben a 19. században végzett ármentesítési és folyószabályozási munkálatok mintegy 38 ezer km<sup>2</sup>-en tették lehetővé a biztonságosabb gazdálkodást és az életet (pl. települések, közlekedési hálózatok fejlesztése). Ezek, a későbbiekben esetenként kritizált beavatkozások ugyanakkor jelentősen növelték az árvízi kockázatot (és nem mellékesen átalakították tájaink vízellátottságát). A szabályozások önmagukban is növelték a folyóink vízjárási szélsőségeit (nagyvizek növekedése, kisvizek csökkenése), ez azonban további antropogén hatásokkal is kiegészült (pl. területhasználati változások, ennek részeként az erdőállomány változása, duzzasztók, víztározók létesítése, stb.). A növekvő árvízveszélyt a töltések rendszeres magasztásával, árvízi szükségtározók kialakításával próbálják csökkenteni.

A klímaváltozás tovább nehezíti a vízügyi szakemberek dolgát. Például a szélsőségesebb csapadék szaporodó villámárvizeket okoz, a hóban tárolt csapadék csökkenése miatt pedig, a télen lehulló csapadék egy része nem lassú olvadásból kerül a folyókba, hanem a csapadékeseményt követően rövid idő alatt.

A folyószabályozásokat követő másfél évszázad során az is nyilvánvaló lett, hogy a folyók alkalmazkodtak a változó feltételekhez. Megváltozott a hordalékszállításuk, aminek nyomán fokozódott a hullámterek<sup>25</sup> feltöltődése. A hullámterek kezelési gyakorlata is megváltozott a rendszerváltozás után (vízügyi igazgatás átszervezése,

<sup>23</sup> <http://www.euvki.hu/>

<sup>24</sup> <http://www.atomeromu.hu/hu/rolunk/vizhomerseklet/Lapok/default.aspx>

<sup>25</sup> A hullámtér: az ártérnek a töltés és a folyó közötti része.

természetvédelmi szempontok), ami a területük benövényszeresével járt – többnyire értéktelen, invazív fajokkal. Ezek a változások a folyók vízállását jelentősen korlátozzák árvizek idején. Így azután az utóbbi évtizedekben a magasabb árvízi szinteket általában nem a több víz, hanem a folyók vízállító-képességének csökkenése okozta (20.2. táblázat). A szolnoki vízmércére vonatkoztatott elemzések azt mutatták, hogy az árvizek egyre magasabb szinten vonulnak le, hosszabb a tartósságuk (20.3. táblázat), és a nagyvízi meder vízállító kapacitása 1882–1970 között évi 1,5 cm-rel, 1970–2006 között 3 cm-rel romlott! Éppen a fenti – más területeken is tapasztalt – kedvezőtlen változások miatt a 2019 legvégén nyilvános vitára bocsátott Vízgyűjtő-gazdálkodási tervben<sup>26</sup> már megfogalmazták, hogy „az árvízszintek stabilizálása, csökkentése érdekében a nagyvízi mederben növelni kell az árvízlevezetést támogató, és az özönnövényeket visszaszorító vizes élőhelyek arányát, akár a hullámiéren felhalmozódott hordalék eltávolításával is.”

20.2. táblázat. Néhány nagy árvíz legnagyobb vízhozama a hozzákapcsolódó vízállással a Tiszán Szolnoknál (Kovács 2007 alapján)

Év	Vízállás (cm)	Vízhozam (m <sup>3</sup> /sec)
1895	827	≈ 3320
1970	909	2450
1979	904	2424
1998	897	2161
1999	974	2403
2000	1041	2608
2006	1013	2406

20.3. Az egyes vízállásokhoz tartozó árvizek átlagos tartóssága Szolnoknál (nap) (Kovács 2007 alapján)

Időszak	> 650 cm	> 700 cm	> 750 cm	> 800 cm	> 850 cm	> 900 cm	> 950 cm	> 1000 cm
1881–1910	5,4	2,9	1,2	0,6				
1911–1940	14,0	7,1	3,6	1,9	0,8			
1941–1970	21,1	14,7	9,6	5,2	1,2	0,2		
1971–2000	25,8	17,4	10,5	5,7	3,4	1,3	0,8	0,4
2001–2006	34,0	26,8	15,5	11,3	5,0	4,3	3,2	1,3

A vízügyi gyakorlat azonban több összetett feladattal is szembesül az árvízi védekezés során. Ilyen például az, hogy a folyók felső szakaszán a gyorsan kialakuló heves áradásokkal szemben kell védekezni, míg az alsó szakaszokon a hosszan elnyúló,

<sup>26</sup> [http://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/01/JVK\\_vitaanyag\\_20191220.pdf](http://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/01/JVK_vitaanyag_20191220.pdf)

tartós nagyvizekre kell inkább készülni (így az alsó szakaszokon nagyobb a töltések átázásának veszélye). Rendkívüli csapadék esetén sor kerülhet a hegyvidéki területeken (főként Szlovákiában és Romániában energetikai és vízgazdálkodási célból) létesített tározók biztonsági okokból történő leeresztésére is. De olyan sajátos helyzet is kialakulhat, mint 2006-ban, amikor a Duna korábban érkező árvize megelőzte a Tiszáét, így az utóbbi vize csak korlátozottan tudott lefolyni, és Szegednél a „visszaduzzasztott” folyó okozott rekord árvizet.

Összességében megállapíthatjuk, hogy hazánkban az antropogén és a klimatikus hatások együttesen fokozzák az árvízveszélyt.

### 14.3.3. Belvizek

Miközben hazánk területén egyre gyakoribbak az aszályos időszakok, egy-egy időszakban a vízbőség belvizek kialakulásához vezethet. A potenciálisan belvíz-veszélyes területek nagysága több, mint 40 ezer km<sup>2</sup>, az egyszerre előtűnt legnagyobb terület mintegy 6 ezer km<sup>2</sup> volt (az 1940-es évek elején). Hosszú időszakon keresztül a felszínen megjelenő időszakos, természetes vízborítást adottságként kezelték, és a területhasználát ehhez igazodott: az ilyen területeket rétként, legelőként hasznosították. Az intenzívebbé váló nagyüzemi mezőgazdaság azonban sokfelé ezeket az esetenként vizes területeket is szántóként kezdte használni, ezért a gazdálkodás akadályát jelentő vizeket elvezették. Más esetekben pedig, tartósan szárazabb időszakokban a települések környezetében levő mélyebb részeket beépítették.

A természet azonban gyakran nem vesz tudomást az emberi szándékról, és nedvebb időszakokban jelentős belvízborítások alakulnak ki mezőgazdasági területeken, de akár a településeken is. Emellett a klímaváltozáshoz is köthető szélsőségesebb csapadékeloszlás miatt időnként korábban nem belvizes területeken is megjelent a belvíz. Az a vízmennyiség azonban, amit a változó nagyságú belvizes területekről szinte évente elvezetünk, gyakran hiányzik a tájból, és nem ritkán az is előfordul, hogy az aszály és belvíz egyszerre fordul elő. Éppen ezért a korábban csak belvízelvezetésben gondolkodó vízügyi gyakorlat egyre inkább megbarátkozik a *belvízgazdálkodás* gondolatával, ami a belvizek észszerű visszatartásával növeli a hasznosítható vízkészleteket. Itt azonban többször gondot okoz a földtulajdonosok közötti érdekellentét, és a visszatartott vizek minősége.

#### 14.3.4. Vizes élőhelyek

Magyarország mai területének negyedét egykor vizes területek borították, amelyek azonban nagyobb részben a 19. század során végrehajtott folyószabályozások és ármentesítések következtében töredékükre csökkentek. Napjainkban a töltésezett folyók hullámtere másfél ezer km<sup>2</sup>, a töltések nélküli folyószakaszok, patakok mentén pedig kb. 5 ezer km<sup>2</sup> időszakos vízelöntésű terület található. Ez az oka annak, hogy ma már – jelentős részben a természetvédelem keretei között – egyre nagyobb figyelmet kell ezekre a területekre fordítani. A vizes élőhelyekre vonatkozó Ramsari Egyezmény hatálya alá hazánk 29 védett területe tartozik közel 261 ezer hektárnyi kiterjedéssel (2021. január<sup>27</sup>). A hazai tájon egykor tipikus mocsarak, lápok szinte csak néhány apróbb foltban maradtak meg. A vizes élőhelyek ilyen nagyfokú csökkenése szerepet játszott abban, hogy az 1996-ban született természetvédelmi törvényünk már „ex lege” (törvény általi) védettséget biztosít egyebek mellett minden lápnak és szikes tónak.

A víz borította felszínek, vizes élőhelyek legalább három szempontból kiemelkedően fontosak. Egyrészt természetszerű állapotuk miatt az élővilág megőrzése szempontjából pótolhatatlanok, másrészt fontos területei a rekreációnak, harmadrészt pedig egyes tájakon fontos szerepet kaphatnak az egyre csökkenő felszín alatti vízkészletek pótlásában.

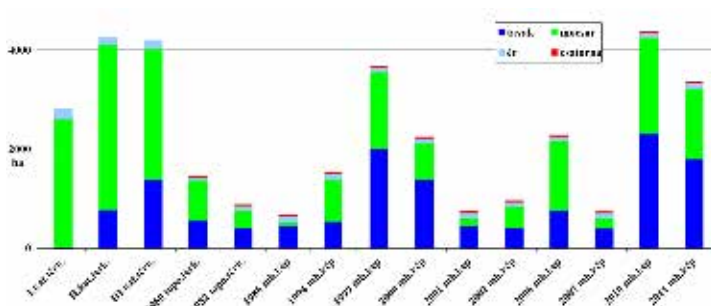
A vizes élőhelyek csökkenése az utóbbi évtizedekben is folytatódott, hiszen sokfelé a felszínen összegyűlő belvizeket elvezették. A változásokban azonban a szélsőséesebb időjárásnak (benne az 1980-as 1990-es évtized erősen száraz éveinek, illetve a 2010-es rekord csapadékos időszaknak) is szerepe van. Bár tájainkról többnyire eltűnt az egykori vízi világ, egy-egy erősen csapadékos időszakban (pl. 1999 és 2010) átmenetileg még megújulhatnak a vizes élőhelyek, éppen ezért lenne fontos rájuk fokozottabban odafigyelni (14.22. ábra).

Állóvizeink kiterjedése is csökkenőben van, s minőségük is rendszeresen veszélyeztetett. Legnagyobb tavunk, a Balaton az ország talán legfrekvenciáltabb idegenforgalmi területe. Sajátos szerepét mutatja, hogy 1989 óta Ramsari terület (szezonális besorolással), és a nemzeti környezetvédelmi programban is kiemelten kezelt terület. Víztisztasága az utóbbi időben számottevően javult. A korábbi időszakban kellő vízpótlás hiányában vízmélysége gyakran kritikus szintig süllyedt (mesterséges vízpótlásáról is születtek elképzelések), néhány csapadékosabb évben viszont a magasabb vízállás okoz gondot (a part menti részek beépítése miatt), így hosszabb

<sup>27</sup> [https://rsis.ramsar.org/ris-search?page=2&solrsort=country\\_en\\_s%20asc&pagetab=1&f%5B0%5D=regionCountry\\_en\\_ss%3AEurope&f%5B1%5D=regionCountry\\_en\\_ss%3AHungary](https://rsis.ramsar.org/ris-search?page=2&solrsort=country_en_s%20asc&pagetab=1&f%5B0%5D=regionCountry_en_ss%3AEurope&f%5B1%5D=regionCountry_en_ss%3AHungary)

időszak után a vízének csökkentésére is szükség volt<sup>28</sup>. A Velencei-tó sekély mélysége és környezeti terhelése miatt szintén érzékeny terület.

Leginkább veszélyeztetett állóvizeink a folyók mentén előforduló holtágak. Sajátos szerepet töltenek be: jelentős részük rekreációs célt szolgál (annak minden káros következményével), mások pedig a természetvédelem fontos szigetei (ún. szentély típusú holtágak). Nem ritkán öntözésre vizet nyernek belőlük, de volt, hogy szennyvíz-befogadónak tekintették. A 4 hektárnál nagyobb holtágak száma 237. Probléma, hogy egy részük kellő vízpótlás hiányában folyamatosan feliszapolódik (ennek természetes mértéke akár 1-3 cm/év), azaz beavatkozás nélkül előbb-utóbb felszámolódnak.



14.22. ábra. A Felső-kiskunsági tavak hidrogeográfiai változása a XVIII. századtól topográfiai térképek és júniusi műholdképek alapján (Forrás: Kovács 2013)

<sup>28</sup> A Balaton vízvezető rendszerének korszerűsítése várhatóan 2022-ben fejeződik be.



## 15. A magyarországi társadalom és gazdaság a globális környezeti problémák tükrében

### 15.1. A magyar társadalom és gazdaság a 20. és 21. század fordulóján

A korábbi fejezetekben láthattuk, hogy a globalizációs folyamatok a II. világháborút követően felgyorsultak, s ebből hazánk sem maradhatott ki. Az elmúlt háromnegyed évszázad során azonban a globalizációs hatások nagyon különbözően érintettek bennünket. A szocialista időszakban a világpolitikai megosztottság következményeként gazdaságunkra leginkább a KGST-n belüli együttműködés, részbeni autarkia volt jellemző. Ennek voltak rövid távú előnyei (például a világpiactól elszakadó olajár<sup>29</sup>, rosszabb minőségű termékek eladhatósága, mezőgazdasági és élelmiszeripari termékek biztos piaca stb.) és hosszú távú hátrányai (pazarló energiafelhasználás, korszerűtlen géppark, rossz gazdasági szerkezet, innovációs lemaradás). Az időszakra a társadalom sajátos gúzsba kötése is jellemző volt: utazások korlátozása („nyugatra” 3 évente legfeljebb egyszer, a külföldi költés korlátozása), szűkös fogyasztás, időszakos áruhiány, vállalkozói kedv elnyomása, kötelező iskolai köpeny, a környezettudatosság akadályozása stb. Cserében: munkahely biztosítása (néha látszatmunkára), kisebb vagyoni különbségek a társadalmon belül. A végeredmény: a társadalom szerényebb fogyasztás ellenére is „túlfogyasztó” és eladósodó ország a világpiacon megmértetve rossz hatékonyságú ágazatokkal. Emellett környezeti adottságaink megítélése is felémás volt: természeti erőforrásnak leginkább csak a bányászati termékeket (kőolaj, bauxit, mangán- és uránérc, sőt még a nagyon rossz minőségű rudabányai vasérc is) tekintették, a víz vagy a termőföld értéke alig számított, a települések határában halmozódott a hulladék, a gazdasági fejlődést pedig leginkább a füstölő gyárképmény szimbolizálta.

A rendszerváltozás során bekövetkező globális társadalmi-gazdasági környezet komoly sokkot eredményezett: a korábbi húzóágazatok versenyhátrányba kerültek a globális piacon, összeomlottak, tömeges munkanélküliség jelentkezett, elszabadult az infláció. A világban ezzel szinte egyidejűleg bekövetkező technológiai robbanás valamint az annak terjedését korábban korlátozó COCOM lista eltörlése viszont lehetőséget is jelentett. A megjelenő multinacionális cégek új munkahelyeket teremtettek (részben pótolva a válságban elveszetteket), de például a bevásárló központok terjedésével széles és fogyasztásra ösztönző kínálatot is hoztak. A gazdaság – leginkább

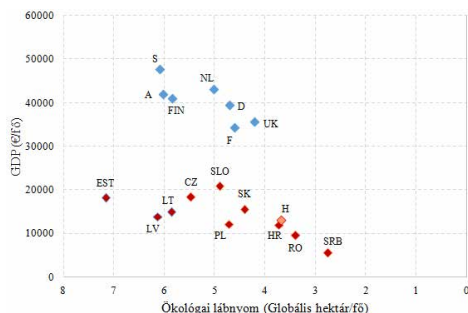
<sup>29</sup> A KGST-n belül nem a mindenkor világpiacon árt, hanem a megelőző három év átlagára alapján meghatározott „csúszóáron” történt az elszámolás.

a külföldi befektetéseknek köszönhetően – egy évtized alatt rendkívül nyitottá vált (a GDP egyre nagyobb hányadát érte el az export értéke) (ÁSZ 2020). Az ország piacaihoz a külső gazdasági szereplők mind jobban és jobban hozzáfértek. Az Európai Unióhoz való csatlakozásunk még inkább lehetőségét adott a gazdaság nyitottá válására, a külföldi termékek és szolgáltatások fogyasztására. Az EU ugyanakkor anyagi forrásokat biztosított a fejlesztésekhez, már a csatlakozást megelőzően is. Talán mindenki számára legláthatóbban ez az úthálózat fejlesztésében, szennyvízcsatornázásban, hulladékgazdálkodásban és a települések arculatának fejlődésben nyilvánult meg.

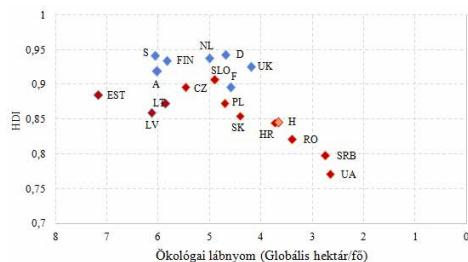
## 15.2. Fenntarthatóság Magyarországon

Magyarország társadalma és gazdasága tehát sajátos utat járt be az elmúlt évtizedekben mind a globális környezeti kihívásokhoz való hozzájárulásban, mind a kihívásokra adható válaszok keresésében. Ez a magyarországi út egyébként hasonló a közép- és kelet-európai térség más országaiban az elmúlt harminc évben tapasztalható folyamatokhoz. Az Európai Unióhoz 2004-től csatlakozott közép- és kelet-európai térségbeli országok fajlagos gazdasági teljesítménye hagyományosan gyengébb a nyugat-európai centrumtérségek országaiban tapasztalhatónál (a GDP adatok alapján). Ez a helyzet már az elmúlt 150 év során is fennállt. A leghosszabb időszak, ami (többnyire töretlenül) a két országcsoport közötti fejlettségi különbségek csökkenését mutatja éppen az 1990-es évek elejétől-közepétől indult el és még napjainkban is tart (ESPON 2014).

A visszafogottabb gazdasági fejlettség ellenére a térségünk országai által kínált életminőség ugyanakkor viszonylag magas. Legalábbis az életminőség mérésében elterjedt HDI mutató értékeiben térségünk országainak kisebb az elmaradása a nyugati magterületektől, mint a fajlagos GDP értékek terén (15.1. és 15.2. ábra). Ráadásul Magyarország ezt az életminőséget lényegesen kisebb ökológiai lábnyommal biztosítja, mint a fejlett nyugat-európai országok. E téren gyorsan változik, azaz romlik a helyzet. Pár éve még a Kelet- és Közép-Európai új uniós tagállamok szinte mindegyikének ökológiai lábnyom értéke 4 globális hektár/fő alatt maradt (Magyarorszáé 3 hektár körüli volt), ezáltal markánsan elkülönültek a 4 ha/fő feletti értékekkel jellemezhető nyugat-európai államoktól. Mára viszont már nincs meg ez a határozott különbség az országcsoportok között. Mindenestre hazánk egyelőre még tartja azt az érdekes pozícióját, hogy úgy kínál magas életminőséget, hogy közben mérsékeltbben veszi igénybe a természeti erőforrásokat. Némileg árnyalja azonban ezt a pozitív képet, ha megvizsgáljuk a hazai környezetterhelési és gazdasági fejlődési folyamatok alakulását.



15.1. ábra. Az ökológiai lábnyom és GDP kapcsolata néhány nyugat-európai (kék), illetve közép- és kelet-európai országban (barna) 2017-ben<sup>30</sup>



15.2. ábra. Az ökológiai lábnyom és a HDI összefüggései néhány nyugat-európai (kék), illetve közép- és kelet-európai országban (barna) 2017-ben (Forrás: Eurostat)

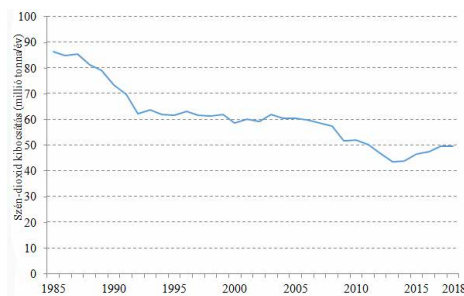
### 15.3. A környezeti terhelés változásai az elmúlt évtizedekben

Az 1990-es évek elejétől felgyorsuló gazdasági recesszió egyik jellemzője volt az ipari termelés és a bányászat jelentős visszaesése. Ennek is eredménye, hogy mára Magyarország vált az Európai Unió egyik legkisebb *széndioxid kibocsátással* rendelkező tagállamává (NÉS 2018). Az időszak a mezőgazdasági termelést sem kímélte, a szerkezetátalakulással az intenzívebb nagyüzemi művelés és a műtrágya felhasználása visszaszorult. Mindeközben az *erdőterületek* Trianon utáni növekedése az 1950-es évektől felgyorsult, amit a rendszerváltoztatás sem tört meg (NÉBIH 2015). Az áruszállítás a 1990-es évek eleji mélypontja után némi növekedésnek indult az egyébként nagyobb fajlagos emissziójú közúti szállításnak köszönhetően, de ennek eszközparkja jelentősen korszerűsödött (Kovács 2002; KTI 2020).<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Forrás: Eurostat, Global Footprint Network; <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitView-TableAction.do>, <https://data.footprintnetwork.org/>

<sup>31</sup> <http://www.kti.hu/trendek/aruszallitas-logisztika/>

A leginkább környezetterhelő gazdasági szektorok és tevékenységek tehát jelentősen visszaestek, stagnáltak, illetve olyan formába alakultak át, ami magával hozta a kibocsátási, szennyezési értékek és a környezeti elemek állapotának javulását. A Központi Statisztikai Hivatal idősoros, sokszor már 1985-től rendelkezésre álló kibocsátási adatai azt tükrözik, hogy a legtöbb *légszennyező* anyag esetében még a 2010-es években is többnyire jóval kedvezőbbek a kibocsátási értékek, mint három évtizeddel korábban (például a széndioxid kibocsátás esetében – 15.3. ábra). Sajnos 2013 óta némileg változnak e tendenciák (lásd később). Mindez természetesen nem csak a kilencvenes évek eleji nagy gazdasági visszaesésnek köszönhető, hanem a termelési szerkezet átalakulásának is (az erőteljesen szennyező kitermelő- és nehézipar súlya csökkent, a kisebb kibocsátású szolgáltatási szektoré növekedett), valamint a termelés korszerűsödésének, a fejlettebb környezeti technológiák alkalmazásának és a többiek között az uniós csatlakozás kapcsán bevezetett szigorúbb szabványoknak. Emellett kulcsszerepe volt e folyamatokban annak is, hogy az ország az uniós támogatások és a hazai költségvetési kiadások jelentős összegeit fordította a környezeti infrastruktúrák fejlesztésére.



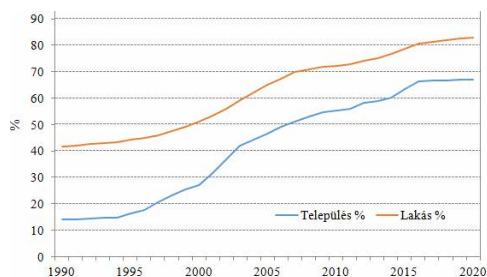
15.3. ábra. CO<sub>2</sub> kibocsátás alakulása Magyarországon 1985—2018 (millió tonna/év)  
(a KSH adatai alapján)<sup>32</sup>

A környezetvédelmi közszolgáltatások kiteljesítése, a társadalmi magatartás-formák változása, valamint a lakóépületek és háztartások technológiáinak korszerűsítése szintén a környezetterhelés csökkenését eredményezte az elmúlt 30 évben. Az *ivóvízzel* való ellátottság bővült (15.4. ábra), de csökkenő tendenciát mutatott a *vízhasználat*.<sup>33</sup> Amíg a világ sok táján ma is komoly gond az ivóvízellátás, a szennyvízkezelés és a hulladékéelhelyezés, hazánkban az utóbbi 2-3 évtizedben meghatározó folyamat volt

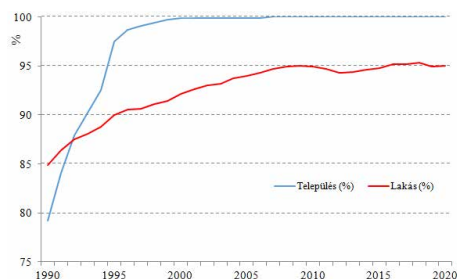
<sup>32</sup> KSH STADAT Idősoros éves adatok – Környezet, [http://www.ksh.hu/stadat\\_eves\\_5](http://www.ksh.hu/stadat_eves_5)

<sup>33</sup> KSH STADAT Idősoros éves adatok – [https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_uw004.html](https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_uw004.html)

a csatornázottság (15.5. ábra) és a rendszerszerű *hulladékkezelés* kiépülése. A szennyvízhálózatok intenzív bővítésével jelentősen csökkent az ún. közműöllő<sup>34</sup> mértéke (15.6. ábra). A fejlesztések miatt a lakások kisebb részében tapasztalható ellátottsági hiányoknak általában nem műszaki, hanem gazdasági, társadalmi okai vannak (pl. szegénység). A hulladéktermelés számottevően csökkent a 2000-es években (15.7. ábra). A mezőgazdasági és az ipari hulladékok kibocsájtása felére esett, viszont az építések felgyorsulása miatt az építési-bontási hulladékok mennyisége az utóbbi években nőtt. Bár a települési hulladékgazdálkodás átszervezése nem feltétlen sikertörténet, számos ellentmondással terhelt, a hulladékok hasznosítása terén jelentős lépéseket sikerült tenni: számottevően csökkent a deponálás és másfél évtized alatt közel háromszorosára nőtt az újrahasznosítás (15.8. ábra) – igaz még így is elmaradunk az EU-s céloktól.

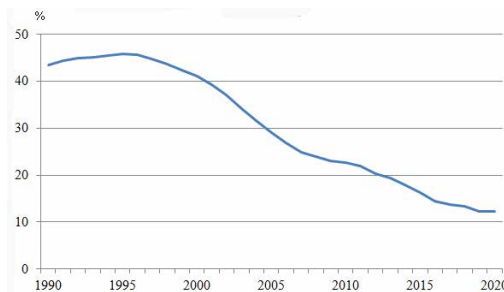


15.4. ábra. Ivóvízellátottság alakulása Magyarországon 1990–2020 (a települések és a lakásállomány %-ában) (a KSH adatai alapján)

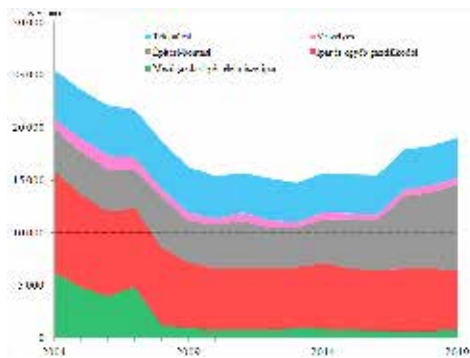


15.5. ábra. Csatornázottság alakulása Magyarországon 1990–2020 (a települések és a lakásállomány %-ában) (a KSH adatai alapján)

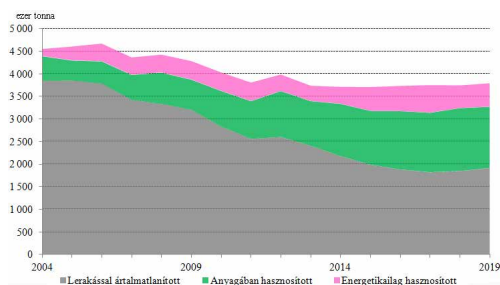
<sup>34</sup> A közműöllő a vezetékes vízzel és szennyvízesatornával ellátott lakások különbségét mutatja.



15.6. ábra. A közműellő alakulása hazánk lakásállományában 1990—2020 (a KSH adatai alapján)



15.7. ábra. Hulladékok mennyisége Magyarországon 2004—2019 (Forrás: KSH)



15.8. ábra. A települési hulladékok kezelése hazánkban 2004—2019 (Forrás: KSH)

Fontos említést tenni az időszak kevésbé számszerűsíthető kedvezőtlen környezeti hatású társadalmi folyamatairól is, amelyek a *fogyasztói magatartásformák* megvál-

tozásához köthetők. A környezettudatosság fejlődése és a korszerűbb háztartási be-  
rendezések miatt például csökkent a lakossági víz- és energiafelhasználás, viszont a  
fogyasztói társadalom fenntarthatónak nem nevezhető mintái a piacgazdaság megjelenésével az 1990-es évektől már akadálytalanul terjedni kezdhettek Magyarországon is. Például a személygépjárművek száma emelkedett (jelentős számban a nyugati országokból behozott, használt járművekkel), és – bár nem jelentősen és nem csak egyirányú tendenciákkal jellemezhetően – a személygépjármű közlekedés teret nyert a tömegközlekedéssel szemben (Kovács 2002; KTI 2020).<sup>35</sup> Mindez különösképpen jellemezte a kilencvenes években teret hódító agglomerációs életformát. A 2004-es uniós csatlakozást követően pedig már nem csak a hagyományos fogyasztás (fogyasztási cikkek vásárlása és szolgáltatások igénybevétele) bontakozhatott ki még inkább, hanem új rekreációs és mobilitási szokások is terjedhettek: többszázszáz kétlaki tömegek nemzetközi ingázása, gyakori nagytávolságú autós vagy repülőgépes utazások munkavégzési vagy rekreációs céllal. E megváltozott igények által generált fogyasztást és annak környezetterhelését azonban nehéz a magyarországi számokból levezetni, a statisztikai adatgyűjtések korlátai, a kibocsátások helyszíne és a környezettechnológiai fejlődés miatt.

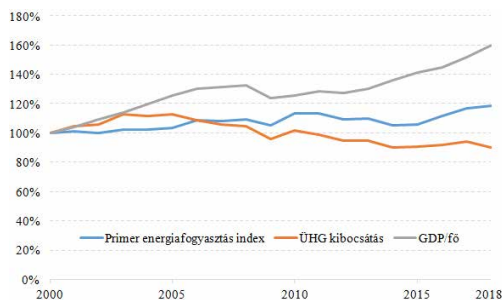
A kilencvenes évek eleje óta tartó teljes időtávra vonatkozó megállapítások mellett érdemes kitérni az egyes időszakok tendenciáira, különösen a közelmúlt néhány évre (a 2020-as járványhelyzet miatti visszaeséstől eltekintve). A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia 2019-ben elfogadott előrehaladási jelentése fontos megállapításokat tett a 2013-ban kibontakozott gazdasági fejlődésről (NFFS, 2019). Ez a 2013 óta tartó növekedés hazánkban a rendszerváltozás óta az egyik leghosszabb, az Európai Unióban az egyik leggyorsabb (MNB 2018). Ugyanakkor ez a növekedés – legalábbis az időszak egy részében – romló természeti erőforrás-hatékonyság mellett alakult: Magyarországon 2018-ban 1 Euro megtermelése 1,25 kg anyagfelhasználást jelentett és ez az érték a megelőző 10 évben összességében leginkább csak stagnált, míg ugyanakkor a folyamatosan javuló uniós átlag 0,45 kg-nál járt (EUROSTAT in NFFS, 2019).

Ezt a folyamatot olyan jelenségek kísérték, mint egyes ásványkincsek kitermelésének jelentős növekedése (2015 és 2017 között az építőipari alapanyagok esetében csaknem 50%-os), míg mások kinyerésében ugyan csökkenés vagy stagnálás mutatható ki (pl. energiahordozók esetében 20%-os), de utóbbi oka nem a felhasználás visszafogása, hanem az import növekedése (NFFS 2019). Az évtizedes távlatban egyébként csökkenő *vízfelhasználás* is növekedni kezdett (mintegy 9%-kal 2014 és 2018 között). Nőtt a nitrogén műtrágya felhasználása (csak 2015 és 2017 között 12%-kal), és így újra a rendszerváltozás előtti nagyüzemi felhasználás értékein áll (Benedek 2014; KSH 2018), ami

<sup>35</sup> <http://www.kti.hu/trend-kti/szemelyszallitas-2/>

a víztetek állapotára is hatással lehet. Az építési és a veszélyes *hulladék* mennyisége is emelkedett ez időszakban. Több más hulladékfajta mennyiségét (mezőgazdasági, ipari, települési) – amely a 2000-es évek során alapvetően csökkent (és benne az elkülönítlen gyűjtött hulladékok aránya emelkedett) – a 2013-tól kezdődő gazdasági növekedés időszakában már szintén enyhe emelkedés jellemezte. A mesterséges felszínborítás nőtt (2009 és 2015 között 14%-kal nőtt 4,1%-ra) (NFFS 2019), miközben az *erdőterületek* növekedésének üteme mérséklődött (NÉBIH 2017).

Szintén beszédes adat, hogy az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátása is nőtt a legutóbbi élenk növekedési szakaszban (15.9. ábra), bár 2018-ra megtorpant ez a tendencia. Mindez első látására nem meglepő, hiszen gondolhatnánk, hogy ha erőteljesebb a gazdaság, akkor magasabb a kibocsátás. Ugyanakkor a szomszédos Ausztria az időszakban szintén tapasztalható – igaz mérsékeltebb – gazdasági növekedése nem emelte meg az ÜHG kibocsátását. A Közép- és Kelet-Európai térség országainak többségében azonban a magyarországihoz hasonló folyamatok zajlottak<sup>36</sup>.



15.9. ábra. A primer energiafogyasztás, az üvegházhatású gázok kibocsátása és a reálértéken számított egy főre jutó GDP értékének változása Magyarországon 2000–2018 (2000=100%)

Hazánk *energiafelhasználása* is emelkedett az utóbbi időszakban (lásd 15.9. ábra). A felhasználáson belül ugyanakkor a *megújuló energiák* részaránya csökkent, tehát a fogyasztás növekedését alapvetően nem a megújulók adják. Még annak ellenére sem, hogy a hazai a földgáztermelés elmúlt évtizedes visszaesése mögött is részben a biomassa hasznosításának a felfutása áll. 2017-ben már a primerenergia termelés 9%-át és a lakossági fűtés 25%-át adta a biomassa (NFFS 2019). A biomassa viszont csak feltételesen megújuló energiaforrás. A biomassán kívüli megújuló energiafor-

<sup>36</sup> <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/air-emissions>



rások közül a napenergia-termelés robbanásszerű emelkedése figyelhető meg 2013 óta, így nagyjából tizenötszörösére nőtt a napenergia aránya a megújuló villamosenergia-termelésen belül.<sup>37</sup> E látványos növekedés ellenére a napenergia villamosenergia-fogyasztásból való részesedése még csak 1,4% (KSH 2019), a primer energiafelhasználásból pedig csak 0,2% (NFFS 2019).

A hazai energiaszektor légszennyezését és üvegházhatású gáz kibocsátását lényegesen mérséklő az *atomenergia* jelentős részesedése az energiatermelésből (villamosenergia-termelés kb. fele) (ENERGIAKLUB 2016; NÉS 2018). 2007-es adatok szerint, ha a Paksi Atomerőmű által előállított energiát fosszilis energiahordozók biztosították volna, akkor az akkori kibocsátást eredményezne, mint a teljes közlekedési ágazaté (Aszódi 2007). Kibocsátás mérséklő szerepe ellenére ugyanakkor az atomenergia-termelés élénk viták tárgya a globális környezeti problémák szempontjából.

## 15.4. Globális felelősségünk és globális kiszolgáltatottságunk

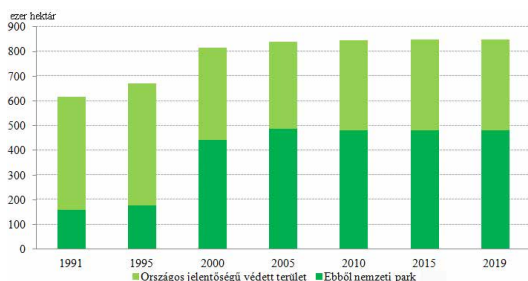
Bár hazánkban már hosszú idő óta fokozott figyelem irányul a természeti értékeink védelmére (15.10. ábra), a környezeti terhelésünk jelentős. A korábbiakban ismertetett történelmi folyamatokat és az ország jelenlegi helyzetét jól foglalja össze az ökológiai lábnyom és a biokapacitás fajlagos értékeinek alakulása. Ahogyan a 13.1. fejezetben láttuk, globális szinten a biokapacitásunk legfeljebb enyhén nő, az ökológiai lábnyomunk viszont számottevően, de az egyes országok között jelentős különbség alakult ki. A nálunk fejlettebb nyugati országoknak általánosságban nagyobb az ökológiai lábnyoma, és gyakran a biokapacitásukat is jobban kimerítik, mint az hazánk esetében tapasztalható (kivételt képeznek a ritkán lakott nagy területű országok).<sup>38</sup>

A Közép- és Kelet-Európai térség országaira és hazánkra egy sajátos hosszú távú minta a jellemző (15.11. ábra): az 1980-es évek végén az államszocialista gazdaság összeomlásával jelentős javulás állt be az ökológiai lábnyom terén, majd a 2000-es évek elején tapasztalt kisebb romlást a 2009-es gazdasági válságot követően jelentős javulás követte az egyenlegben. (A korábbi 2,5 globális hektár körüli „túlhasználtunk” 1 gha értékre csökkent, bár az utóbbi években ismét növekszik.) Ugyanakkor az is látható, hogy amikor gazdasági fejlődés indul meg az országban, az inkább valószínűleg csak növekedés, azaz extenzív fejlődés, ami együtt jár az ökológiai lábnyom növekedésével és a természeti erőforrások erőteljesebb igénybevételével és egyes kibocsátások növekedésével. Az ország gazdasági fejlődése tehát együttmozog a világ-

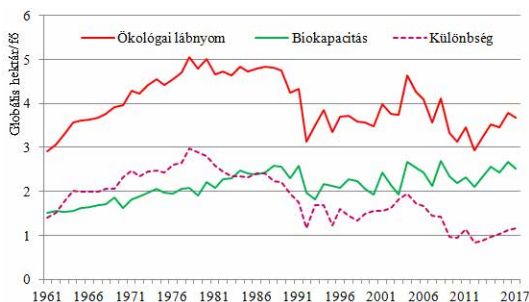
<sup>37</sup> [http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_ui011b.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui011b.html)

<sup>38</sup> <https://data.footprintnetwork.org/#/>

gazdasági folyamatokkal, ami persze nem meglepő, hiszen Magyarország gazdasága nagyon nyitott, erősen a külföldi befektetésekre és a világkereskedelemre van utalva (ÁSZ 2020; NSKI 2020). Így már a 2010-es évek elején megjelentek olyan fejlesztéspolitikai elképzelések, amelyek e nyitottság oldását szorgalmazták (pl. a hazai termelés fokozásával, belső piacok megerősítésével) (Salamín et al. 2014). Valójában tehát jelenleg még egy olyan fejlődési, illetve növekedési pályán vagyunk, amelyben a környezeti állapotunk kiszolgáltatott a magyarországi és azon keresztül a globális gazdasági folyamatoknak. Mindeközben van olyan globális környezeti probléma, amiért Magyarország társadalma és gazdasága is átlagon felül felelős. Így például Magyarország valamivel a világtátlag felett áll az egy főre jutó üvegházhatású gázok kibocsátásában (Magyarország: 5,2 tonna/fő, világtátlag: 4,8 tonna/fő<sup>39</sup>).



15.10. ábra. Az országos jelentőségű védett területek nagyságának alakulása hazánkban 1991–2019 (Forrás: KSH)



15.11. ábra. Az ökológiai lábnyom és a biokapacitás változása Magyarországon 2000–2017 (A Footprintnetwork 2020 adatai alapján)

<sup>39</sup> <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>; <https://ourworldindata.org/economic-growth>

Amennyiben tehát a társadalmi-gazdasági fejlődést tűzzük ki célként, akkor még előttünk áll a feladat, hogy azt környezeti szempontból hatékonyabb úton valósítsuk meg. Ez a célkitűzés egyúttal akár az erőteljesebb, intenzívebb gazdasági fejlődést is szolgálhatná. A szakirodalmak szerint ugyanis a magyarországi növekedés – legalábbis a 2010-es évek közepéig – a relatív olcsó munkaerőt hasznosító külföldi befektetésekre épült. Egy ilyen extenzív fejlődés pedig nem csak környezeti szempontból nem kedvező, de nem eredményezhet igazán hatékony, a fejlett nyugati centrumtérsegekhez belátható időn belül felzárkózást biztosító növekedést sem (ESPON 2014; Matolcsy 2015). Egy emelkedettebb növekedési pályához magasabb hozzáadott értéket biztosító, erőteljesebben a tudásra épülő gazdasági szerkezetre van szükség. A klaszszikus Kuznyetz-görbe alapján ez talán akár környezeti szempontból is kedvezőbb lehet. Látni kell ugyanakkor, hogy sajnos az általános világgazdasági trendek alapján a környezetterhelés visszaesése a gazdasági fejlődés előrehaladásával nem olyan mértékű, mint ahogy az korábban feltételezhető volt (Gyura 2019; MNB 2019). A globális gazdaságnak való kiszolgáltatottságot viszont csökkenthetné, ha a gazdaságunk nyitottsága változna, és megerősödnének a belső piacok, a helyi termelés és fogyasztás minél inkább egymásra találna.

## 15.5. A népesedés és a magyarországi fenntartható fejlődési törekvések

Magyarország társadalma és gazdasága – hasonlóan térségünk más országaihoz – egy fontos globális problémában, a *népesedés* kérdésében sajátos mintákat mutat. Miközben a világon túlnépesedés okoz gondokat, hazánkban már évtizedek óta csökken a népesség. Más hasonló helyzetben lévő fejlett országokban ez erőteljes bevándorlást vált ki. Nincs ez másként Magyarországon sem, csak a bevándorlók igen jelentős része esetünkben a külhoni magyar közösségekből kerül ki (Péti 2016). Az uniós csatlakozásunk óta azonban már jelentősen felerősödött a kivándorlás is. Magyarországon a természetes szaporodás növelése nem csak egy aktuális politikai és népesedéspolitikai cél, hanem a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia 2012-es elfogadásától egy konszenzusos, hosszú távú, a társadalmi fenntarthatóság biztosítását szolgáló fenntartható fejlődési társadalmi törekvés is (NFFT 2013). E megközelítés értelmében a népességfogyás az adott térség/ország fenntarthatóságának sérülését jelzi, ahogy erről árulkodik a tömeges elvándorlás is. E sérülésnek társadalmi (politikai) vagy környezeti (pl. klimatológiai) vagy gazdasági okai egyaránt lehetnek. A bevándorlás égető igénye is arra utalhat, hogy egy térség/ország társadalma nem tudja fenntartani önmagát, például a gazdasága nem fenntartható, azaz a térség/ország társadalmi teljesítőképességét meghaladó ütemben növekedik. E logika mentén egy olyan népesség-

fogyással és az ebből következő elöregedéssel és munkaerőhiánnyal sújtott térségben – mint Magyarországon – a természetes népszaporodás fokozása a fenntarthatóság helyreállítását szolgálja. (Szintén a térségi fenntarthatóság helyreállítását szolgálja a nemzetközi migráció kibocsátó térségeinek – például afrikai, közel-keleti és dél-ázsiai válságövezetek – megsegítése az elvándorlás megelőzése és a kiváltó okok kezelése érdekében.)

Az járványhelyzet okozta gazdasági visszaesésig döntően extenzív fejlődést mutató magyarországi gazdaság számára azonban már rövidtávon is szükséges többletmunkaerő ahhoz, hogy a jelenlegi szerkezetében fejlődési pályán maradjon. Egy, a természetes népszaporodásra épülő esetleges népesedési fordulat csak hosszabb távon segíthet ezen a helyzeten, igaz a korábban kivándoroltak visszatérése rövidtávon is segíthetne (Péti et al. 2020). Ez megint egy olyan kihívás, amire vagy egy más jellegű, azaz kevésbé munkaintenzív, inkább tudásalapú gazdaságszerkezet és fejlődési pálya hozhat legalább részben megoldást, vagy esetleg a növekedési kényszer ártékelmezése és a társadalmi értékrend változása.

## 15.6. Gondolatok a globálisan beágyazott magyar gazdaság fenntartható mozgásteréről

Össességében tehát Magyarország társadalma és gazdasága bár csak kevés *járul hozzá a globális környezeti problémákhoz*, de van felelőssége e téren, és tennie kell a problémák elmélyülésének megelőzéséért. A *globális világgazdaság változásainak kiszolgáltatott magyarországi gazdaság* pedig egyelőre a *környezetterhelés fokozásával* tud csak fejlődni. E jelenség mögött az is meghúzódik, hogy a világgazdaság fejlett centrumtérségei – amelyeknek gazdaságai gyakran hozzánk képest lassabban, ugyanakkor a környezetet némileg kevésbé terhelő módon fejlődnek – a *mi nyitott gazdaságunk felé szervezik a nagyobb környezetterhelést jelentő gazdasági tevékenységeik egy részét*, így ha nem is tudatosan, de áthelyezik környezeti problémáikat. Mindeközben elszívják társadalmunk egyes rétegeit saját fejlődésük biztosítása érdekében, növelve a társadalmi fenntarthatósági problémákat. De az is igaz, hogy hazánk is vásárol például a környezetet erősen szennyező külföldi szénóróművekben termelt villamosenergiát.

A problémákra egyfajta átfogó választ adhat, ha Magyarországon a természeti, társadalmi és gazdasági struktúráiban minél inkább *fenntartható térségi rendszer* épül. Ez megvalósítható egy kevésbé energia- és nyersanyagigényes és kevesebbet kibocsátó, tudásintenzívebb gazdasággal. E térségi (országos) fenntarthatóság záloga az is, hogy lehetőleg ez a magyarországi gazdaság se szervezze ki az országhatáron túlra a környezetterhelését, ne okozzon máshol fenntarthatósági problémát. Olyan struktú-

rákkal lehetséges elérni ezt, amelyek az energia, anyag, jövedelmi és tudásáramokat minél inkább az országon belül tartják, minél inkább fenntartható módon és helyben hasznosulnak a javak (Péti 2011). Ebbe az irányba mutat egyébként a *körkörös gazdaság* manapság divatos szakmai ideája is. Fontos lenne az is, ha a társadalmunk fejlődésről kialakult értékrendjében a gazdasági növekedés mellett előtérbe kerülnének olyan elemek, amelyek nem a szükségszerűen környezetterhelést okozó anyagi javakra épülnek: ha fokozódna az anyagi javakon túlmutató fejlődés iránti társadalmi igény.



## **IV. AZ EMBERISÉG VÁLASZAI A KÖRNYEZETI PROBLÉMÁKRA**



## 16. A környezetvédelem, mint új tényező

A környezet károsításának néhány problémája már évszázadok óta ismert (például az erdőirtás és a talajerózió kapcsolata), mégis érdemi intézkedésekre csak a 19. század vége felé került sor, s ennek területe leginkább a természetvédelem volt. 1872-ben alapították meg az első nemzeti parkot az Egyesült Államokban (Yellowstone NP), melynek célja a természet szépségeinek megőrzése volt a rohamosan terjedő rablógazdálkodással szemben. Még a 19. században Kanadában, Ausztráliában és Új-Zélandon, majd a 20. század elején Svédországban, Svájcban, majd például Kongóban további nemzeti parkok alapítására került sor. Azt, hogy mennyire komolyan gondolták ezek védelmét, jól mutatja az, egy részükben még a látogatást is tiltották, vagy turisztikai szerepüket egyáltalán nem reklámozták. A táji változások mellett leginkább az állatvilág gyérülése volt szembetűnő. A 20. század elején sorra alakultak a nemzeti természetvédelmi egyesületek, majd a természetvédelem nemzetközi szervezetei (pl. Nemzetközi Madárvédelmi Bizottság – ICBP, 1922). 1948-ban alakult meg az Nemzetközi Természetvédelmi Unió (IUPN, később 1956-tól IUCN)<sup>1</sup>.

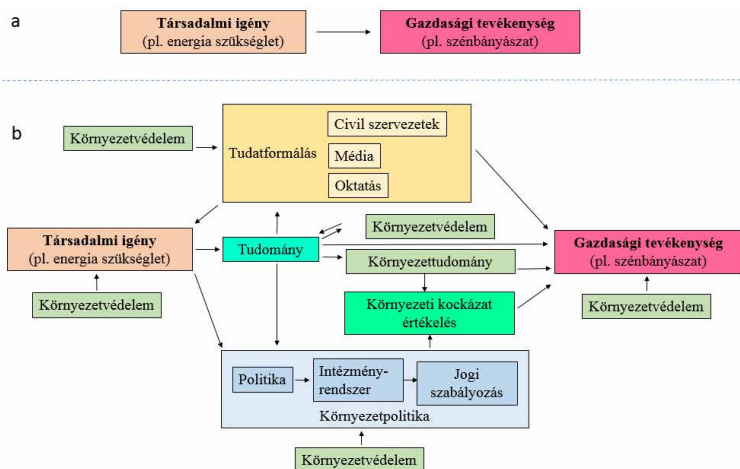
Bár a városi környezetben is folyamatosan szaporodtak a környezeti problémák (légszennyezés, folyók szennyezése) a gazdasági tevékenységeket a környezettudatosság szinte teljes hiánya jellemezte. Ha a társadalomnak szüksége volt valamire, azt a lehető legegyszerűbb módon megszerezte (16.1a ábra). Egy egyszerű példával: ha energiára volt szükség, nyitottak egy szénbányát (megfelelő műszaki tartalommal, de csak minimálisan figyelve a környezeti következményekre), vagy ha sok volt a kártévő a mezőgazdaságban, kerestek egy vegyszert, ami elpusztította azokat (anélkül, hogy ennek szélesebb körű hatását előzetesen megvizsgálták volna).

A II. világháborút követő növekvő igények, a növekvő termelés sorozatosan jelezte ennek az egyszerű „megvalósításnak” súlyos következményeit kisebb-nagyobb környezeti katasztrófák formájában. A hírhedt 1952-es londoni szmognak legalább 4000 halálos áldozata volt, Carson híres könyve a vegyszerhasználat felelőtlenségeire hívta fel a figyelmet, de sorozatban következtek be ipari katasztrófák is. Mindezek jelentős szerepet játszottak abban, hogy az 1960-as évektől fokozatosan számos új elem és egy új szempont (környezetvédelem) került az igény és a megvalósítás közé (16.1b ábra). Az új, multidiszciplináris környezettudomány új szemléletet hozott a társadalmi tevékenységek közé. A tudomány környezetkímélőbb technológiákra, a mérnöki gyakorlat nagyobb biztonságra törekszik, a politika intézményrendszerrel és jogszabályokkal, a civil szféra társadalmi nyomással, az oktatás és a média pedig tudatformálással kényszeríti ki az új szemléletet – valljuk be: változó eredményességgel.

<sup>1</sup> International Union for Conservation of Nature and Natural Resources



A környezeti szemlélet elterjedése a gyakorlatban jelentős előrelépés, a gond azonban még napjainkban is az, hogy ez izoláltan jelenik meg, és érvényesülése nagyban függ a gazdasági fejlettségtől. Ma már a fejlettebb országokban a társadalmi igények megfogalmazásánál is szempont a környezettudatosság (pl. egyre többen vásárolnak elektromos meghajtású gépkocsikat, mert ezek kevésbé környezetszennyezők). Társadalmi igény az is, hogy a termelésünk környezetkímélő legyen, de ha szükséges, a környezetpolitika hatékonyan lépjen fel a környezetkárosító tevékenységekkel szemben. A környezettudatosság azonban sem gazdasági, sem társadalmi szinten nem képes egységesen érvényesülni, még egy ország szintjén sem. Ma még inkább gyógyítjuk a környezeti problémákból fakadó egészségkárosodást, mint hogy megelőznénk a betegségek kialakulását. Pedig össztársadalmi szinten az utóbbi sokkal olcsóbb lenne, de a költség korábban és a profitorientált szférában keletkezne. Azt persze elismerjük, hogy a környezettudatosság széleskörű kialakítása a társadalmakban időigényes, és vannak biztató példák is.



16.1. ábra. A társadalom igényeinek kielégítési folyamata környezetvédelem nélkül (a) és környezetvédelmi szempontokkal (b)

A környezetvédelem jelentősége már a 3. fejezetben bemutatott világmodellekben is fontos elem volt, a Leontief-modell pedig például a gazdasági fejlettség függvényében számolt a környezeti költségekkel.

A környezetvédelem – elnevezésétől eltérően – nem egy passzív tevékenység, hiszen magában foglalja a problémák felismerését, a káros hatások megelőzését, az öko-

zott károk megszüntetését, de a környezet fejlesztését is. A modern környezetvédelem pedig – számos probléma területi kiterjedtségét is figyelembe véve – globálisan gondolkodik.

Anélkül, hogy a környezetvédelem eredményeit részleteznénk, megállapíthatjuk, hogy számos fontos problémát megoldott (ahol volt erre forrás és politikai akarat), de az előző fejezetek mutatták, hogy több lényeges feladat maradt, mint amit sikerült megoldani. Emellett a sikerek nagyon sokszor csak a Földünk gazdagabb régióira igazak. Az egykor szennyezett levegőjű London, vagy más „nyugati” nagyvárosok ma már tiszták, a szennyvízcsatornákra emlékeztető folyókba visszatért az élet, a korábban szennyező városi közlekedésben egyre több az elektromos jármű, a szelektíven gyűjtött hulladékot már nyersanyagként is lehet hasznosítani, egyre nő az energiaellátásban a megújuló erőforrások szerepe stb.

A környezetvédelem fontos sajátossága, hogy emberközpontú, azaz meglehetősen önző. A környezetvédelmi határértékek az ember adottságaihoz vannak meghatározva. A környezetvédelem emellett fokozza a különbségeket az eltérő gazdasági fejlettségű országok, területek között. Ott, ahol van pénzügyi forrás alkalmazására, ott a lakosság életkörülményei javulnak, ahol nincs, ott nemcsak rosszabb körülmények között élnek, de emiatt élettartamuk is rövidebb.

A környezetvédelem ugyanakkor nagy teret biztosít a civil kezdeményezéseknek. Egy-egy közösség összefogva sokat javíthat helyzetén aktív tevékenységgel (hulladék eltakarítás, zöldterületek fejlesztése, stb.), vagy egységesen fellépve kikényszeríthet központi beavatkozásokat (pl. vízminőség javítása, jogi szabályozás), vagy akár nemzetközi problémák feltárásával és azok nyilvánosság előtti bemutatásával. Így például – a talán legismertebb nemzetközi környezetvédelmi szervezet – a Greenpeace, kiemelkedő szerepet játszott a nukleáris hulladékok világtengerben való elhelyezésének megszüntetésében vagy a bálnavadászat visszaszorításában.

## 17. Mit tud tenni a tudomány?

Az elmúlt évszázadokban a tudomány eredményeire alapozva az emberiség olyan technikai, gazdasági, egészségügyi, stb. fejlettséget ért el, amit még néhány évtizede elképzelni sem tudtunk. Ennek azonban nagyon komoly környezeti ára lett. Mai környezeti problémáink szinte kizárólagosan a tudomány – nem körületekintően, vagy gondatlanul felhasználta – „eredményei”. Például a csoda-növényvédőszernek tartott DDT-ről viszonylag gyorsan kiderült, hogy mérgező, az alsó légkörben semleges hatású CFC-k (és társaik), a sztratoszféra körülményei között döntő szerepet játszanak az ózonréteg bontásában. A motorizáció és az energiaipar falja a szén alapú energiahordozókat, és a légkörbe jutó nagymennyiségű CO<sub>2</sub> (egyéb antropogén szennyezésekkel) nemcsak a

globális melegedés fő motorja, de azon keresztül további kedvezőtlen változások, így egyebek mellett a világtenger savasodásának is oka. A műanyagok felfedezése számos területen könnyítette meg életünket, sok anyagot volt képes olcsón kiváltani, ma viszont a világtengerben és a szárazföldeken is a hulladékok leglátványosabb, és egyik legkárosabb összetevője. A sort hosszan folytathatnánk, sőt annyival még ki is kell egészítenünk, hogy jó néhány tudományos eredményről már a megvalósítása fázisában világos volt, hogy nem emberbarát céllal készült (pl. atombomba).

A fenti példák – a környezeti problémák előidézése oldaláról – azonban többnyire nem a tudomány kizárólagos felelősségét bizonyítják, legalább annyira hibásak abban az azokat alkalmazók, illetve az emberiség fokozódó igényei.

Ugyanakkor globális problémáink megoldásánál – a csodavárás mellett – leginkább a tudomány újabb és újabb eredményei adhatnak reményt, mint ahogyan már eddig is sok gondot sikerült megoldani velük. A tudományos eredmények egyik része, hogy ismerjük a legfontosabb környezeti problémákat. A legkülönbözőbb mérési módszerekkel – a világ egyes részein egyértelműen javuló környezeti állapot ellenére – sikerült számos olyan környezeti vészhelyzetre ráirányítani a figyelmet (sok esetben lépésre kényszeríteni a politikát), ami társadalmi beavatkozást igényelt (ózonprobléma, savas esők, egyes vegyszerek). A tudományos háttér szerepe vitathatatlan az éhezés visszaszorításában, a járványok és betegségek leküzdésében, a hatékonyabb energiafelhasználásban, az alternatív energiaforrások fejlesztésében, az újabb és újabb nyersanyagok felfedezésében és feltárásában.

Sok igazság volt abban, amikor a Meadows-féle modellek egyik hibájának azt tartották, hogy alábecsülte a tudomány szerepét. Az első Föld körüli pályára juttatott űreszköz (szputnyik) időszakában még nagyon távolinak tűnt a holdutazás, amihez utána nem kellett még másfél évtized sem. Az utóbbi évtizedekben egyre természetesebb számunkra, hogy ha valami fontosat elképzelünk, azt a tudomány (és természetesen a műszaki megoldások kivitelezője) megvalósítja – csak pénz és idő kérdése. Számos környezeti problémát már sikerült megoldani. Jó példa erre, hogy még az 1990-es években is a hulladéklerakók egyik legfőbb problémája a „csak több száz év alatt lebomló” nagy mennyiségű műanyagpalack vagy gépjármű gumi volt. Eltelt két évtized, és ezekre már, mint újrahasznosítható nyersanyagokra tekintünk.

A tudomány azonban nem csodatevő, számos problémát eredményesen megold, de nem mindent – legalábbis nem azonnal. Az örökélet varázsitalát még csak a mesékben ismerik. Globális problémáink megoldására is vannak ötleteink. Van elképzelés a tengeri hulladékok begyűjtésére és hasznosítására (csak finanszírozza valaki), de a vizeket szennyező mikroműanyagoktól még esélyünk sincs megszabadulni. Számátlan víztisztítási technológiát ismerünk, de ahhoz, hogy alkalmazhassuk azokat, tudni kellene mitől is kell vizeinket megtisztítani. Egy-egy minta részletes kielemezése megvalósítható, de ipari méretekben megfizethetetlen – legalábbis még jó ideig. Vannak

sikeres megoldások, amik azonban nem működnek mindenütt. Az USA-ban a kőolaj-termelés újbóli felfutásában sikeresen alkalmazott hidraulikus repesztés például nem hozott eredményt Magyarországon (az eltérő geológiai körülmények miatt). Sok esetben egy új, sikeresnek tűnő megoldás egy másik problémát erősít fel. Tipikus példája lehet ennek a sivatagi területeken fosszilis (nem megújuló) vízkészletekre alapozott tömeges mezőgazdasági termelés, vagy a kanadai olajhomok kitermelésének környezeti ára. Számos esetben a működőképes megoldások globális elterjedését a nagyon magas költségek, vagy esetleg a nyersanyagok korlátozottsága akadályozza.

A tudomány tehát nagyon sok környezeti problémánk megoldásában eredményes lehet, de sem új, sem háromszor nagyobb Földet nem tud előállítani számunkra.

## 18. Mit vállal fel a politika?

Ahhoz, hogy a globális környezeti problémákat sikeresen megoldhassuk, több feltétel szükséges. Egyrészt szükséges, hogy átfogóan, rendszerben gondolkodjunk, akkor is, ha nyilvánvaló az országok különböző érintettsége. Ezen túl kellene olyan megbízható értékelések, amikre döntéseket, cselekvéseket lehet alapozni. A környezetpolitika felelőssége innen kezdődik.

A problémák „kezelésének” tipikus módja azok alulbecslése, így az érdemi döntések halogatása. Ha az ilyen magatartás okát keressük, látható, hogy a korábbi fejezetekben bemutatott problémák tudatos környezetpolitikát, sok pénzt, számos érdek összeegyeztetését, sok ellenérdekelte meggyőzését igényli. Tisztában kell lennünk azzal, hogy mind az országok, mind a gazdaság szereplői, mind a társadalmak különböző szintű képviselői rövid és hosszú távú érdekeik szerint nagyon megosztottak, és rövidebb időtávon többnyire nem is érdekeltek a globális problémák megoldásában, hiszen az valamilyen korlátozással jár. Ez az oka annak, hogy még közös probléma-felismerés esetén is lassan történnek érdemi lépések, ugyanazon adatsorokat ki-ki saját érdeke szerint értékeli, s nem ritka a tudományos eredmények lesöprése (az azokban levő esetleges bizonytalanságra hivatkozva). Mindez azt eredményezi, hogy érdemi nemzetközi megállapodások csak az érdekek közös része szintjéről indulhatnak, és később öltenek valós tartalmat (határértékeket, korlátozásokat). Nagy bajnak kell lennie ahhoz, hogy gyorsan szüleessenek konkrét döntések. Ennek kapcsán azt a katasztrofafilmet idézhetjük fel, amikor egy óriási meteorit becsapódása fenyegeti a Földet, de a katonailag szemben álló nagyhatalmak csak akkor fognak össze, amikor látják, hogy önállóan kudarcra vannak ítélve. A korábbiakban láthattuk, Földünk jövőjét számos „környezeti meteor” becsapódása fenyegeti, sok területen elkerülhetetlen a közös fellépés. (Az első ilyen környezeti meteor, az ózonlyuk 1985-ös felfedezésével csapott be a környezetpolitikába – lásd bővebben a 18.2.1. fejezetben.)

A globális rendszerben való gondolkodást az 1970-es évek elején a globális modellek indították el. Az akkor ismert problémák nagysága és a tudásszint alapján a népesség-növekedés, az élelmezés (ez a két elem szorosan összefügg), a meg nem újuló erőforrások szűkössége és a környezetszennyezés voltak azok a területek, ahol kritikusnak ítélték meg a helyzetet. Ezekre politikai válaszokat általában országok szintjén és saját érintettségük függvényében adtak. Így például a fejlettebb országokban (főként Európában és Észak-Amerikában) a környezetvédelem kapott nagyobb figyelmet, a gyorsan növekvő ázsiai országokban pedig a „zöld forradalom”, valamint az államilag befolyásolt születésszabályozás (főként Kínában és Indiában).

A regionális léptékű környezetpolitika első átfogó megvalósítása az „Európai Gazdasági Közösség” (korabeli rövid nevén a Közös Piac) Környezetvédelmi Akcióprogramjaival kezdődött (az elsőt 1973-ban fogadták el), melyekben meghatározták a legfontosabb környezetpolitikai elveket, illetve a beavatkozási területeket. Globális léptékben az ENSZ vállalta fel a koordinációt átfogó környezetvédelmi konferenciák szervezésével.

## 18.1. Környezetvédelmi csúcstalálkozók

### 18.1.1. Stockholm 1972 (ENSZ konferencia az emberi környezetről)

Az ENSZ főtitkárának a 3. fejezetben idézett problémafelvetése, de még inkább azok a tények, amelyek a különböző globális világmodellek megalkotóit is inspirálták, elindították a globális környezeti gondolkodást is. A környezeti politika globalizációjaként 1972-ben, 113 ország képviselésével Stockholmban tartották a világszervezet első átfogó környezetvédelmi konferenciáját. Ezen négy fő dokumentumot (1. *Nyilatkozat az emberi környezetről*, 2. *Nyilatkozat az irányelvekről*, 3. *Akcióprogram javaslatok*, 4. *Szervezeti intézkedések*) fogadtak el. A konferencia szellemisége rövid időn belül világszerte érvényesült a környezeti gondolkodás (a „csak egy Földünk van” gondolat) előtérbe kerülésével<sup>2</sup>.

Bár a konferenciát sokan gyanakvással fogadták (a fejlődő országok ebben az időben még csak a fejtek bajának tekintették a környezeti gondokat, a szocialista országok zöme pedig politikai ürügyre hivatkozva nem is vett részt rajta<sup>3</sup>), sokan itt

<sup>2</sup> Ward, B. – Dubos, R. 1972: Only One Earth, magyarul: Csak egyetlen Földünk van (1975).

<sup>3</sup> A látszat kifogás az volt, hogy a szervezők nem hívták meg a nem ENSZ tag NDK-t. Az igazsághoz azonban hozzátartozik, hogy a szocialista országok ebben az időszakban nem szívesen beszéltek a környezeti problémákról (ez nem illett a tervgazdaságról kialakított képbe), ugyanakkor kutatási szinten már terítéken volt a probléma. 1974-ben a KGST Végrehajtó Bizottsága a természet- és környezetvédelem, valamint a környezetgazdálkodás területén már 12 önálló kutatási irányt határozott meg. A könyv szerzője maga is több mint egy évtizeden át részt vett ezekben a környezeti problémákat nyíltan bemutató kutatásokban.

szembesültek azzal, hogy békés körülmények között is kialakulhat környezeti veszélyhelyzet. A konferenciához kapcsolódó értékelések igen széles skálán mutatták be a környezet bajait. Jellemző ugyanakkor, hogy számos probléma súlyát még nem tudták megfelelően érzékelni. Nagyon ellentétesen értékelték az atomenergia jövőjét vagy az üvegházhatás potenciális lehetőségét, és az azt befolyásoló tényezőket.

A konferencia javaslatára létrejött az Egyesült Nemzetek Környezeti Programja (UNEP), s ennek titkársága Nairobiban. A konferencia javaslatára nyilvánította az ENSZ június 5-ét Környezetvédelmi Világnappá.

Közül öt évtized távlatából elmondható, meglepő, hogy a környezeti gondolkodás kialakulásának kezdetén milyen sok gondot felismertek már, s az is, hogy mégis milyen keveset tudunk akkor az igazi problémákról.

Az 1980-as években egyre több – valódi globális megoldást igénylő – környezeti problémára derült fény (savas esők, ózon probléma, globális melegedés, erdőirtás). Az ezek hatására szervezett globális környezeti kérdésekkel foglalkozó szakmai világkonferenciák vagy a környezetvédő szervezetek tevékenysége azt bizonyították, hogy az emberek és a kormányok felismerték: *a gazdasági fejlesztés és a környezet kérdései nem választhatók el*. Eljutottunk új tények felismeréséig, a közös cselekvés szükségességéig, s ezen túlmenően egy új világmodell megfogalmazásának igényéig. Brown, a Worldwatch Institute vezetője vázolta fel először a fenntarthatóság gondolatát, amely végül a fenntartható fejlődés elvének kidolgozásához vezetett. Ezt az alapelvet használta a Brundtland norvég miniszterelnök-asszony nevével fémjelzett ENSZ Környezet és Fejlődés Világbizottság<sup>4</sup> (1987). *A fenntartható fejlődés lényege: a jelen szükségleteit úgy kell kielégíteni, hogy az ne veszélyeztesse a jövő generáció életfeltételeit*. Cél a harmónia megteremtése az ember és környezete, valamint az ember-ember relációban is.

Ezek a célok, követelmények, a lényeg tekintve többet jelentenek annál, minthogy csupán a nemzeti és nemzetközi fejlesztési akciók alapjai legyenek. A fenntartható fejlődés két kulcsfontosságú fogalma: a *szükségletek és a korlátozások* kérdése. A korlátozások eleve nem határoznak meg abszolút értékeket. A szükségleteket pedig összhangba kell hozni a rendelkezésre álló erőforrásokkal, a környezet kapacitásával: a megújuló erőforrások esetén biztosítani kell időt a regenerálódásra, a meg nem újuló források esetén a felhasználást a technikai fejlődéshez, illetve figyelembe kell venni a helyettesíthető anyagok lehetőségeit, s a hulladékok elhelyezését a környezet szennyezés-befogadóképességéhez kell igazítani. *A fenntarthatóság gondolata a szükségletek kielégítését* (ahol elsősorban a szegények alapvető szükségleteiről van

<sup>4</sup> A globális (de nem környezeti) problémák egyes stratégiai elemeinek kidolgozására az ENSZ már korábban is hozott létre bizottságokat. Ilyen volt a Brandt-bizottság (*Common Crisis: North-South Cooperation for World Recovery*), illetve a Palme-bizottság (*Common Security*).

szó) *tekinti elsődlegesnek*. Fel kell figyelnünk ugyanakkor arra is, hogy a harmonikus fejlődés elve valójában egy kompromisszumot fogalmaz meg, amely - miután pontos korlátozásokat nem tartalmaz - elfogadható a (túlfogyasztó) fejlett és a (túlnépesedő) fejlődő országok számára is.

A legjobb feladat-meghatározás, cselekvési program is könnyen elbukhat nemzetközi *szabályozás* nélkül. Ezt felismerve készített javaslatot a Környezet és Fejlődés Világbizottság szakértői csoportja a harmonikus fejlődés jogi alapelveire, amelyek alapul szolgáltak a Bruntland-bizottság javaslatára megszervezett, Rio de Janeiróban tartott világkonferencia első dokumentumához.

### 18.1.2. Rio de Janeiro 1992 (ENSZ konferencia a környezetről és a fejlődésről)

A szaporodó környezeti problémákat jelezve a Riói Konferencia a Föld jövőjéért érzett társadalmi és politikai felelősség addigi legnagyobb és legdemonstratívabb megmozdulása lett. A 178 ENSZ tagállam közül 172 képviseltette magát, 108 ország állam- vagy kormányfőjével. A konferenciát óriási várakozás előzte meg azért is, mert a konkrét környezeti problémák irányába tett megoldások mellett a fejlett és fejlődő országok ellentétének feloldását is remélték tőle. A fejlődő országok azt várták, hogy sikerül például rávenni a fejletteket GDP-jük 0,7%-ának átengedésére, a környezetkímélő technológiák bevezetésére. Az utólagos értékelések sikerként és kudarcként is minősítették a rendezvényt. Tény, hogy komoly viták zajlottak az egyes dokumentumokról, az alapvető gondok megoldásához szükséges anyagi eszközökről. Végül öt dokumentumot fogadtak el, bár ezek egy része nem igazi megállapodás.

#### *a) A Riói Nyilatkozat a Környezetről és a fejlődésről*

A korábbi elképzelések szerint egy Föld Charta dokumentumot szerettek volna elfogadtatni, amelyben alapvető és határozott kötelezettségvállalások lettek volna a környezet védelméről és a fejlődő országok megsegítéséről. Az előkészítés során kiderült, hogy ennek nincs realitása, s a helyette összeállított nyilatkozat csak általános elveket, és nem konkrét döntéseket tartalmaz. A megfogalmazott 27 elv sokban hasonlít az 1972-ben Stockholmban elfogadotthoz. Közös vonás a fejlődő országoknak nyújtandó segítség, az államok szuverenitása, hogy saját környezeti és fejlesztési stratégiát követve használtsák erőforrásaikat. Új elem a fenntartható fejlődés szükségességének hirdetése, a globális érdekek hangsúlyozása, az államok közös, de differenciált felelőssége. Bekerült a „szennyező fizet” elv, s az, hogy a határokat átlépő szennyezések esetén az államoknak megfelelő információkat kell adni, valamint a környezettel kapcsolatos vitákat békés úton kell rendezni.

*b) Keretegyezmény az éghajlatváltozásról (UNFCCC)*

Az 1980-as évek közepétől a globális problémák között különösen fontos szerepet kapott a légkör védelme, és az üvegházhatás miatti felmelegedés valamennyi nemzet számára fontos kérdés lett. A világ közvéleménye azt várta, hogy Rióban olyan egyezmény kerül elfogadásra, amely konkrétan is garantálni fogja a légkörbe kerülő szennyezőanyagok csökkenését. A korlátozás ellen két oldalról is kifogást emeltek: az USA (akkor a CO<sub>2</sub>-kibocsátás 17,6%-át adta) gazdasági érdekei miatt nem fogadott el konkrét határértéket, a fejlődő országok pedig olyan provokációként is értékelték a korlátozást, amely azzal ért volna fel, mintha a gazdasági fejlődésük lehetőségéről kellene lemondaniuk. (A fejlődő országok egy része azt is kinyilvánította, hogy a következő évtizedekben növelni fogja emisszióját). Mindezek hatására a keretegyezmény alapvető kompromisszumokat tartalmaz: nem kötelezi a fejlődő országokat, hogy konkrét kötelezettséget vállaljanak, s nem jelöl ki kötelező csökkentési arányokat a fejlett országoknak sem, de hangsúlyozza a különleges felelősségüket. Az egyezményt tartalommal majd a Kiotói Jegyzőkönyv tölti meg 1997-ben (lásd később).

*c) Egyezmény a biológiai sokféleségről (CBD)*

A tudósok véleménye szerint 5-30 millió faj él a Földön, de ha a környezetkárosítás a jelen ütem szerint folytatódik, a 21. század közepére ennek 25%-a kipusztulhat. A biológiai sokféleség, a genetikai tartalékok megőrzése a jövőbeli biotechnológiai fejlesztések meghatározó eleme. Az egyezmény célja ennek az erőforrásnak a megőrzése, illetve a hasznosításból származó előnyök igazságos megosztása.

Egyik része a *klasszikus természetvédelem*, a másik a *genetikai erőforrások védelme és hasznosítása*. Fontos megállapítás, hogy az egyes országok tevékenységükkel a biológiai sokféleségben nem okozhatnak kárt határaikon kívül. Bár a célok mindenki számára szimpatikusak voltak (a fejlődőknek még kedvező is, mivel vélhetően a genetikai tartalékok nagyobb részével rendelkeznek), a teljes sikert megakadályozta, hogy az Egyesült Államok akkor nem írta alá az egyezményt.

*d) Nyilatkozat az erdőkről*

A nyilatkozat pontos címe (*Jogilag nem kötelező hivatalos állásfoglalás egy globális közmegegyezés alapelveiről a világ minden típusú erdejével való gazdálkodásról, megőrzésről és a fenntartható fejlesztésről*) is elárulja, az érdekellentét miatt itt sem sikerült mindenki számára elfogadható megállapodásra jutni. Pedig az erdőállomány riasztó mértékű csökkenésével és az erdők védelmével a többség egyetértett. A globális megegyezést azonban rontotta, hogy voltak országok, amelyeknek gazdaságában a faexportnak meghatározó szerepe volt. Ezek az országok azonban jogosan vetették fel, hogy az erdőirtás megállításában vállaljanak hatékonyabb (anyagi) szerepet azok az országok is, amelyek erdeiket már évszázadokkal ezelőtt kipusztították<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> A fejlett országok erdőirtásban korábban betöltött szerepére utalva ezt a gondolatot hangoztatta 2019. nyarán a felgyorsuló amazonasi erdőirtásokért felelős brazil elnök is.



#### e) Agenda-21

A dokumentum egy akcióprogram-gyűjtemény. Négy részből (1. *Szociális és gazdasági dimenziók*, 2. *A fejlődéshez szükséges erőforrások védelme és kezelése*, 3. *A nagy társadalmi csoportok védelme és kezelése*, 4. *A megvalósítás eszközei*), ezen belül 40 fejezetből és mintegy száz programterületből áll. Fontos, hogy az utolsó rész a fejlődéshez szükséges pénzügyi forrásokkal és mechanizmusokkal foglalkozik, így például a GDP arányában a fejlődő országoknak nyújtandó segélyekkel is. Korábban már megállapodás született arról, hogy a nemzetközi segélyek egy részét a Világbank egy új finanszírozó szervezetnek, a *Global Environment Facility*-nek adja át, s az egyes országok ettől igényelhetnek támogatást a környezetfejlesztési programjaikhoz.

A fenti dokumentumokon túl a Riói konferencián kezdeményezték a sivatagosodással foglalkozó, végül 1994-ben elfogadott egyezmény (UNCCD) megkötését is.

### 18.1.3. A Johannesburgi Konferencia 2002 (ENSZ konferencia a fenntartható fejlődésről)

A Riói Konferencia komoly környezetpolitikai siker volt, hatása a következő évek konkrét megállapodásaiban jól mérhető volt. A siker azonban átmenetinek tűnt, s ezért egy újabb környezetvédelmi világkonferencia megrendezéséről döntöttek. A Johannesburgban tartott rendezvényen mintegy kétszáz állam (82 állam- vagy kormányfővel) képviseltette magát, mégis, ha a dolgok lényegét nézzük, az eredmények inkább látszólagosak. A Riói Konferencia esetén még megbocsátható volt talán, hogy kevés konkrét döntés történt, hiszen új kérdésekről kíséreltek meg kompromisszumokat kötni. A Rió után elindult folyamatok alapján Johannesburg eredményei inkább visszalépéssel értek fel. Bár a konferenciához készült háttéranyag igazi problémákat vázolt fel, maga a konferencia hangnemében és elhallgatásaiban sokat elárult a jövő környezetpolitikájáról. A világkonferenciát erős globalizáció- és USA-ellenes hangulat is övezte.

A konferencián sok kompromisszum után végül két dokumentumot fogadtak el: a) Johannesburgi nyilatkozat a fenntartható fejlődésről (32 ponttal), b) Végrehajtási terv (153 pont). „Új” környezeti problémaként jelent meg az egészséges ivóvíz kérdése<sup>6</sup>, illetve bizonyos szociális dimenziók. Ezek során elhatározták, hogy 2015-ig felére kell csökkenteni azok számát, akik nem jutnak egészséges ivóvízhez, illetve azok számát, akiknek napi jövedelme 1 dollár alatt van. Több hangsúlyt próbáltak a környezet-egészségügyre fordítani. Újdonság, hogy megjelent a fenntartható fejlődés szociális dimenziója, így a környezetpolitika és a szociálpolitika összekapcsolása.

<sup>6</sup> Valójában 1992-ben a Riói Konferenciát megelőzően rendeztek már világkonferenciát az ivóvíz problémáról Dublinban – értékelését lásd később.

A konferencia eredményeinek ismeretében nem lehet csodálkozni azon, hogy megjelentek olyan értékelések, amelyek feleslegesnek minősítették, vagy kevesellték az eredményeket. Leginkább feltűnő azonban, hogy miközben globális problémákról tárgyaltak, sok helyen az országos érdekek kerültek előtérbe. Ilyen alapkérdés volt az üvegházhatású gázok kibocsátása kapcsán az USA kihátrálása a Kiotói Jegyzőkönyv-ből (lásd 18.2.2. fejezet). Egy másik régóta aktuális kérdés a fejlődő országok segítése volt. Ez teljesen rendjén való. Igen ám, de a fejlettek szerint az is elvárható lenne, hogy ezek a szegény országok maguk is akarjanak tenni valamit. Az adatokból azonban kiderült, hogy a nyomorgó afrikai államok sokszor többet költenek fegyverkezésre, mint az egészségügyre. Az ezekbe az országokba juttatott segélyekkel gyakran helyi kiskirályok üzérkednek, és az ENSZ kötelékében szolgáló kéksisas katonák bére is rendszeresen megcsappan a hivatalnokok kezei között. Az országok zömében nincs demokrácia, helyette virágzik a korrupció és a helyi terror. Ugyanakkor a fejlett országok miközben uralják a világpiacot, az állami agrártámogatások rendszerével ellehetetlenítik a fejletlenek termelőit. Elhallgatásra került az is, hogy az AIDS-szel erősen fenyegetett házigazda országban a betegség gyógyításának egyik akadályozója maga az elnök, aki szerint a problémáért nem egy vírus, hanem a rossz táplálkozás a felelős. Sok kérdésben tehát inkább a problémák kerülgetése történt. Megállapítható, hogy a Johannesburgi Konferencia eredményeivel nem került be a globális környezeti gondolkodás dicsőségkönyvébe.

#### 18.1.4. Rio de Janeiro 2012 (ENSZ konferencia a fenntartható fejlődésről – Milyen jövőt akarunk?)

Miközben a Földünk környezeti problémái egyre konkrétabbak lettek, a megoldásukhoz vezető szándékok egyre inkább csak szavakban nyilvánultak meg. A 2012-es Riói Konferencia már az előkészítés fázisában is olyan ellentétekkel volt terhelt, ami sikerességét kétségesse tette. Bár a résztvevők száma (50 ezer fő, köztük 3000 hivatalos delegált) a témák fontosságát bizonyította, de számos vezető ország csúcsvezetőjének távolmaradása jól jelezte, hogy sikeres konferenciára aligha lehetett számítani.

A konferencia eredeti céljai között szerepelt a gazdaság „zöldítése” (a klímaváltozás elleni fellépés érdekében), az élelmiszerbiztonság, a természetes vizek és óceánok környezeti problémái (kiemelten a szennyezés, a túlhalászás és a biodiverzitás). Már be sem került a programba a korábbi, (1992-es) riói vállalások kérdése – a nyilvánvaló kudarc miatt.

A konferenciát súlyosan megterhelte a fejlődő és a fejlett országok közötti évtizedes konfliktus. A kompromisszumokkal megszületett záródokumentum<sup>7</sup> sokkal inkább egyfajta kívánsággyűjtemény lett, mint konkrét és számon kérhető, végrehajtandó menetrend. Talán nem véletlen, hogy sok elmarasztaló összegzés katasztrofálisnak minősítette a rendezvényt. (Volt olyan megfogalmazás, hogy a Rio+20 = 20 év hátramenetben.) Pedig a 203 pontot tartalmazó dokumentum Földünk környezeti problémáit teljes részletességgel átfogja, a természeti, a gazdasági és társadalmi vonatkozásokkal. Kinyilvánították, hogy szükség van általánosan elfogadott ún. fenntartható fejlesztési célok meghatározására és elfogadására. Új elemként került bele a dokumentumba, hogy 2030-ra a világ teljes népessége jusson hozzá az áramszolgáltatáshoz. Emellett célként jelölték meg, hogy az akkor nagyjából 15%-os megújuló energiaforrás arányt 2030-ig meg kell duplázni.

Érdekes ötletként vetődött fel, hogy a természeti erőforrásokat (víz, levegő, erdők stb.) beáraznák és piacósítani kellene (a jelenlegi széndioxid-kreditekhez hasonló kereskedési rendszerrel). Ugyanakkor nyilvánvaló, ahogyan a kvótakereskedelem sem oldotta meg a széndioxid-kibocsátás problémáit, így ez az általános piacósítás is a szegényektől a gazdagokhoz csoportosíthatná át ezeket az erőforrásokat.

Bár globális léptékben nem történt előrelépés környezeti ügyekben, több ország érdemi vállalatot tett: például a Maldív-szigetek bejelentette, hogy létrehozza a világ legnagyobb tengeri természetvédelmi területét, Mozambik a gazdasága zöldítésének terveit vázolta fel, Nagy-Britannia pedig kötelezni fogja nagyvállalatait, hogy mérjék szén-dioxid-lábnyomukat, több vezető bank pedig a közösségi közlekedés fejlesztéséhez tervezett támogatást. A szándék jól látszik: *ha nem megy a globális együttműködés, akkor egy szinttel lejjebb kell a környezettudatos változtatásokat megvalósítani.*

### 18.1.5. New York 2015 (ENSZ konferencia a fenntartható fejlődési célokról)

A 2012-es Riói Konferencia ajánlását megfogadva az ENSZ 2015-ben megújította korábbi fejlesztési céljait (*Millenniumi fejlesztési célok – 2000*), és elkészítette a *Fenntartható fejlődési célokat*<sup>8</sup>, melyben már sokkal hangsúlyosabbak a környezetvédelmi feladatok. A 17 megfogalmazott célból (18.1. ábra) hármat külön is kiemelt fontosságúnak tartottak: a szélsőséges szegénység megszüntetése, az egyenlőtlenség és igazságtalanság elleni küzdelem, illetve az éghajlatváltozás ügyének kezelése. A célokban a legfontosabb globális társadalmi és környezeti problémák egyenrangúan

<sup>7</sup> [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&Lang=E)

<sup>8</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

vannak kezelve. A környezeti problémák közül külön prioritást kapott **öt**: a 6. A tiszta ivóvíz és a köztisztaság, 7. A megfizethető és tiszta energia, 13. A klímaváltozás elleni küzdelem, 14. A világóceánok védelme és a 15. A szárazföldi ökoszisztémák védelme.

A New Yorkban tartott csúcsertekezleten mintegy 130 ország állam- vagy kormányfői szinten képviseltette magát. Kérdés, hogy így is a jövőnk megfogalmazott kulcsfeladatai milyen mértékben fognak megvalósulni a gyakorlatban. Az ENSZ ugyanis csak a célokat tűzte ki, de ezekhez a forrásokat nagyobb részben az országoknak kellene biztosítaniuk, illetve globális környezetpolitikai döntésekre lenne szükség, amit számon is lehetne kérni. Ezek nélkül a célokból egyszerű kívánságlista marad.



18.1. ábra. Az ENSZ 2015-ben megfogalmazott fenntarthatósági céljai (Forrás: ENSZ)

A globális környezeti problémákról eddig megrendezett átfogó, a globális környezeti politikát megalapozó konferenciák jól mutatják azt, hogy amíg nincs igazi baj, az érdemi cselekvés háttérbe szorul. Egyelőre nagyon úgy tűnik, hogy ma már mindenki világosan látja a problémákat, de *a nemzeti érdekek lényegesen megelőzik a globális érdekeket*. Emellett több kérdésben nagyon különböző az országok érintettsége. Talán a világóceán szintjének emelkedése mutathatja erre a legjobb példát: a tengerszint emelkedése néhány szigetország esetében tényleg a jövőbeli létezés kérdése. Mégis hosszabb idő óta csak az Európai Unió az, amelyik próbál a motorja lenni a változásoknak (ebben szerepe van annak, hogy az Unió belül már sikerült a környezeti gondolkodást – több mint négy évtizede – a gazdaságba integrálni).

Vannak azonban biztató jelek is. Az egyes ágazati világkonferenciákon fontos megállapodásokat sikerült kötni, köszönhetően annak, hogy azokon a szakmai kérdések sokkal konkrétabbak, és így a tudományos érveknek többször sikerült a politikai érdekeket megelőzni. A következő alfejezetben az egyes ágazatok legfontosabbnak ítélt megállapodásait mutatjuk be vázlatosan.

## 18.2. A legjelentősebb ágazati környezetvédelmi világkonferenciák, megállapodások

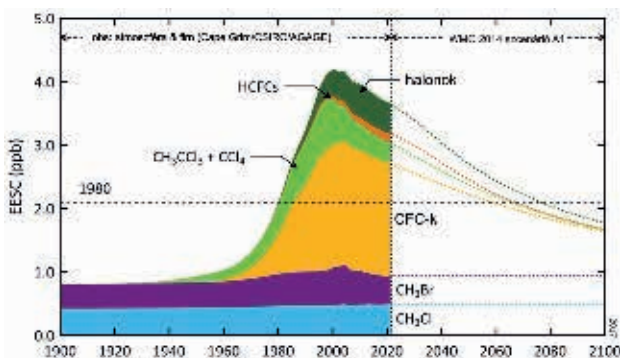
### 18.2.1. Az ózon egyezmények és következményeik

Bár egyes kutatók már az 1970-es években felvetették az ózonréteg károsodásának lehetőségét (a Stockholmi Konferencián érintették a problémát és két világmodellben szintén említésre került) mégis a tudományos közvéleményt is meglepte az 1985-ben megjelent tudományos elemzés az ózonpusztulás mértékéről (lásd a 5.3.2. fejezet). Így utólag is hihetetlen, hogy a politika milyen gyorsan rádöbbsen az esetleges következményekre, és még ugyanabban az évben nemzetközi egyezményt alkottak az ózonkárosító anyagok korlátozásáról Bécsben. Ez ugyan csak keretegyezmény volt, önkéntes csökkentéseket, mérések és kutatások összehangolását jelentette. A bécsi megállapodás nem is eredményében, hanem tényében volt nagy jelentőségű: ez volt *az első átfogó egyezmény, ami egy globális környezeti problémában megállapodásra vezetett, még mielőtt annak konkrét káros hatását elszenvedte volna az emberiség.*<sup>9</sup> Ezt követte a *Montreali Jegyzőkönyv* 1987-ben, amely már konkrét kötelezettségeket rögzített: öt freonvegyület esetében az 1986-os szintben való korlátozást, majd 1993-ig 20, 1998-ig pedig 50%-os csökkentési kötelezettséget jelentett, s ezen kívül három halon-vegyületre is meghatározott enyhébb korlátozást. A montreali határértékeket rövidesen újabb és újabb szigorítások követték. 1990-ben Londonban bővítették a korlátozásba vont anyagok körét a metil-bromoformmal és a szén-tetrakloriddal, s korábbra hoztak korlátozási határidőket is. 1992 végén Koppenhágában már meghatározták, hogy a halonokat 1994-ig, a további ózonkárosítókat (CFC, CTC, MCF) 1996-ig ki kell váltani, emellett tovább bővült a korlátozandó anyagok köre (HCFC, HBFC, metil-bromid). Az eddig felsorolt megállapodások alól a fejlődő országok különböző felmentéseket kaphattak, azonban az 1995-ös bécsi, majd az 1999-es pekingi kiegészítések már rájuk is érvényes határidőket (igaz nem túl közeliakat) határoztak meg, de egyúttal egy 440 millió dolláros alapot is létesítettek számukra a célok teljesítéséhez.

Az ózonszökkenés felismerését követő gyors intézkedések, és az azokban megsza-bott drasztikus kibocsátás-csökkentés kézzel fogható eredményeket hozott. Megállt, majd jelentős csökkenésnek indult az ózonvesztélyeztető anyagok kibocsátása (lásd korábban 5.36. ábra), és néhány évig úgy tűnt, hogy az intézkedések megkezdése után másfél évtizeddel már érzékelhető eredménye is lett. A 2000-es évek első felében

<sup>9</sup> Érdekességként megemlíthető, hogy az USA-beli Oregon állam már 1975-ben betiltotta a CFC-hajtógáz sprayk forgalmazását.

némileg csökkent a déli félgömbön az ózonlyuk mérete és időtartama is. Különösen látványos javulás volt tapasztalható 2002-ben. Az eredmények azonban csak átmenetinek voltak. Vélhetően ebben azoknak a gyors gazdasági növekedésű országoknak lehetett szerepük, amelyek korábban még felmentést kaptak, emellett pedig a régi hűtőszekrények és klímaberendezések tönkre menetele is új szennyezőként jelent meg. Abban bízhattunk, hogy ezek a szennyeződések előbb-utóbb mérséklődni fognak, azonban egy 2018-ban megjelent tanulmány<sup>10</sup> a CFC-11 határozott légköri növekedéséről számol be, aminek mértéke akár az ózonegyezmény megsértésére is utalhat. Ugyanakkor a Montreáli Jegyzőkönyv 2016. októberi újabb, HFC-re vonatkozó szigorítása (Kigali módosítás) már az ózonréteg védelme mellett az üvegházhatás csökkentésére is irányult.



18.2. ábra. Az ózonkárosító anyagok légköri mennyiségének alakulása 1900–2020, és várható trendje (Forrás: Klekociuk – Krummel 2017<sup>11</sup>)

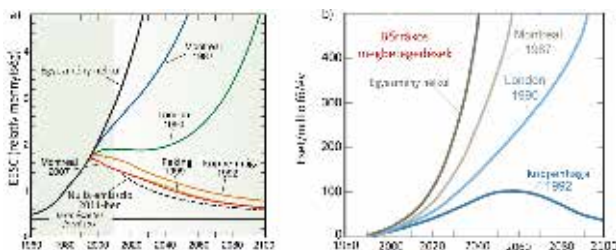
Az ózonegyezmény jó példával szolgált arra, ha az emberiség tenni akar, akkor egy-egy lépéseket is tud tenni a környezetünk érdekében. Nagy kérdés, hogy ezek a törekvések milyen gyorsan hozzák meg eredményüket. Miután azonban az ózonkárosítók igen hosszú ideig tartózkodnak a levegőben (akár 50-100 évig is), a kibocsátások csökkenésének hatása csak nagyon lassan érvényesül, mennyiségük csak 2080 táján érheti el az 1980-as szintet (18.2. ábra). Ilyen szempontból nagyon elgondolkodtató a 18.3. ábra. Mint az előzőekben láttuk az ózonegyezmények rövid idő alatt, nagyon

<sup>10</sup> <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0106-2>, 2018. júliusi információk szerint (<https://www.bbc.com/news/science-environment-44738952>) kínai építőipari cégek felelőssége valószínűsíthető.

<sup>11</sup> <https://theconversation.com/after-30-years-of-the-montreal-protocol-the-ozone-layer-is-gradually-healing-84051>, EESC: hatékony sztratoszférikus klór egyenérték (equivalent effective stratospheric chlorine)

jelentős szigorításokat hoztak. A tartósan károsodott ózonréteg, pedig még hosszú ideig veszélyezteteti egészségünket. Az 18.3b ábrán láthatjuk, hiába csökken az 1990-es évek eleje óta kibocsátás, a vékonyabb ózonréteg okozta nagyobb káros UV-sugárzás miatt a bőrrákos megbetegedésben szenvedők száma még legalább fél évszázadig növekedni fog. Azaz nem üres fenyegetés az, amikor nyaranta óvnak bennünket a szakemberek a túlzott napozástól!

Az ózonkárosító gázok kibocsátásának visszaszorítására tett intézkedések, mint láttuk, sikeresek voltak, azonban egy sajátos problémára is ráirányították a figyelmet. A káros gázok helyettesítésére előállított gázok az ózon réteget nem károsították ugyan, de kiderült, hogy igen hatékony üvegházgázok. Azaz egyik probléma megoldásával fokoztunk egy másikat. (Később erre is sikerült megoldást találni.)



18.3. ábra. Az ózonkárosító gázok légköri mennyisége a nemzetközi egyezmények függvényében (a), illetve a bőrrákos megbetegedésben szenvedők várható száma (b) (Forrás: UNEP)

### 18.2.2. Megállapodások az üvegházhatású gázokról

A 20. század utolsó harmadában két fontos dolog derült ki a Föld alsó légköréről: elsősorban az emberi tevékenységek következtében az üvegházhatású gázok mennyisége lényegesen megnőtt, másrészt a hőmérséklet az utóbbi száz év alatt kb. 1 °C-ot emelkedett. Ezeket a tényeket kevéssé lehet vitatni, ugyanakkor a két jelenség közötti oksági kapcsolatot – a sok nehezen számszerűsíthető visszacsatolási folyamat miatt – nehéz volt egyértelműen bizonyítani. A számtalan (előzőekben bemutatott) felhívó jel mégis elindított egy globális együttgondolkodási és cselekvési folyamatot.

Ennek első látványos eredménye az 1992-es Riói Konferencián elfogadott *ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény*. Előzetesen a világ közvéleménye azt várta, hogy egy olyan egyezményt fogadnak el, amely konkrét célok megjelölésével garantálni fogja a legfőbb bűnösnek tartott szén-dioxid csökkentését. Az elfogadott egyezmény végül egy sajátos kompromisszum lett a kibocsátás stabilizálását (2000-ig) 1990-es szinten vállaló Európai Közösség és az ezt határozottan elutasító Egyesült Államok álláspontja között.

Ez az oka annak, hogy konkrét határidő és határértékek helyett csak a korábbi szinten való stabilizálás szükségességére utalt a megállapodás. Úgy gondolták, hogy a tényleges kötelezettség-vállalásokat majd a keretegyezményhez kapcsolódó külön jegyzőkönyvek tartalmazzák – ahogyan ez az ózonjegyzőkönyvek esetében történt. A kompromisszum része volt az is, hogy nem kötelezi a fejlődő országokat konkrét vállalásokra (elismerve a további gazdasági fejlődésre vonatkozó igényeiket), de nem jelölt ki csökkentési arányokat a fejlett országoknak sem. A volt szocialista országok engedményeket kaptak az üvegházhatású gázok csökkentésének ütemezésében. Az egyezmény tartalmazza „a közös, de megkülönböztetett felelősség elvét” valamint azt, hogy a fejlett országoknak kell vezető szerepet játszaniuk az éghajlatváltozással összefüggő problémák megoldásában. A keretegyezmény sürgette, hogy a fejlődő országok kapjanak nagyobb pénzügyi és technológiai támogatást a széndioxid-kibocsátás minimalizálásában. Az egyezményhez az ENSZ tagállamainak döntő többsége csatlakozott, de csak 37 fejlett és átalakuló gazdaságú ország vállalt kötelezettséget.

A keretegyezmény elindított egy folyamatot, és az 1995-ös *berlini klímakonferenciára* már valami megmozdulni látszott. A biztosítási ágazat komolyan felvetette a globális klímaváltozás szerepét a szaporodó természeti katasztrófákban, az óceáni szigetországok egyre határozottabban fogalmazták meg félelmeiket a világtenger szintjének növekedésében. Ugyanakkor egyre élesebben vetődött fel a fejlett országok megosztottsága (a többség nem vállalta fel az USA álláspontját).

Forradalminak tűnő változást hozott az *Éghajlatváltozási Keretegyezményhez* kapcsolódó *Kiotói Jegyzőkönyv*. Ebben már 38 önálló ország valamint az Európai Unió konkrét kötelezettségvállalásokat tett, s elsősorban az USA kezdeményezésére speciális rugalmassági szabályokat is elfogadott. (Az USA hozzáállásában kedvezően hatott, hogy ekkor még az igen környezettudatos Al Gore volt az alelnök.) Általános elvként elfogadták, hogy a kibocsátás-csökkentés bázis időpontja 1990.<sup>12</sup> Az emissziós korlát hat gáz együttesére (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC-k, PFC-k, SF<sub>6</sub>) vonatkozik,<sup>13</sup> ezeket együttesen CO<sub>2</sub> egyenértékre számolják át (global warming potential – GWP), és a vállalással rendelkező országok kibocsátási jogokat is kapnak. A rugalmasabb megvalósítást öt mechanizmus biztosítja, amelyek a talán legkonstruktívabb környezetvédelmi megállapodássá teszik a jegyzőkönyvet. Ezek:

- *Időbeli rugalmasság.* Ez azt jelenti, hogy a teljesítést nem egy kiválasztott év során, hanem öt év átlagában kell teljesíteni.
- *Emissziós rugalmasság.* A hatféle gáz belső emissziós arányai tetszőlegesen változhatnak, csak a teljes emissziós egyenérték betartása szükséges.

<sup>12</sup> Az átmeneti gazdaságú, azaz a volt szocialista országok ennél kedvezőbb bázist (így például Magyarország az 1985–1987-es időszakot) is választhatottak.

<sup>13</sup> A három utóbbi gáz esetében 1995-öt is lehetett bázisévnek választani.



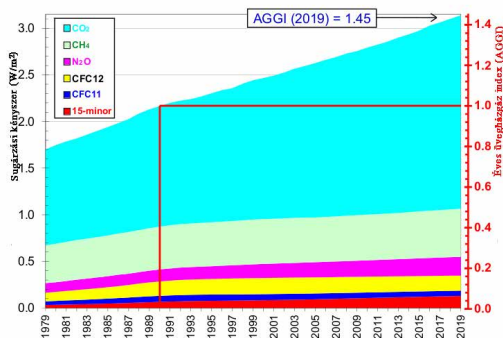
- „Nyelők” kérdése. Ennek lényege, hogy az emisszió-csökkentés nemcsak tényleges kibocsátás-csökkentéssel érhető el, hanem a CO<sub>2</sub> levegőből való lekötése (pl. a biomassza gázelnyelése) által is. Ennek leghasználhatóbb megvalósítása az erdősítés.
- *Együtttes megvalósítás és emisszió-kereskedelem.* Ennek értelmében két konkrét vállalással rendelkező ország között lehetőség nyílt arra, hogy az egyik ország egy másik országban emisszió-csökkentéssel járó beruházást végezzen, és annak meghatározott részét saját eredményként ismertesse el. De az ilyen vállalással rendelkező országok között a kibocsátási jog kereskedelem tárgya is lehetett<sup>14</sup>.
- *Tiszta fejlesztési mechanizmus.* A vállalatot tevő országoknak lehetőségük volt arra is, hogy vállalatot nem tevő (azaz gazdaságilag fejletlenebb) országokban is létesítsenek emissziót csökkentő beruházásokat, és azt saját teljesítésként ismertessék el. Ezáltal a fejlett országok mintegy ösztönözve voltak a határaikon túli környezetvédelmi beruházásokra.

Az elvek szépek és világosak. Mégis számtalan kisebb és nagyobb baj volt velük. Az országok vállalásai igen „puhák” voltak. Ahogyan közeledett a Kiotói Konferencia ideje, az országok vállalásai látványosan csökkentek (az előző pontokat végigolvasva ennek oka nyilvánvaló: ha kevesebbet vállalnak, esetleg többet tudnak értékesíteni a kvótakereskedelem során), aminek következményeként a 2008–12 közötti időszakra vállalt 5,2%-os csökkentésből 2000-re már 4,6% teljesült. Az egyezmény kikapukat is hagyott felmentésekkel. Külön kérdés volt a jegyzőkönyv ratifikációja. Miután az USA 2001 tavaszán elvetette a megállapodást (mondván, az igazságtalan, mert csak a fejletteknek vannak benne kötelezettségei), veszélybe került életbelépése. Ennek ugyanis az volt a feltétele, hogy a káros gázok kibocsátásának legalább 55%-áért felelős országok fogadják el azt. Hiába írta alá azt több mint száz ország, várni kellett arra, amíg a nagy kibocsátók közül először Japánt, majd Oroszországot is sikerült meggyőzni. Így azután csak 2005 februárjától „élt” az egyezmény. Sajnos tény, hogy a jegyzőkönyv ellenére az üvegházgázok mennyisége (és üvegházgáz egyenértékre átszámolva is) folyamatosan nő, és ezzel párhuzamosan az üvegházgáz index<sup>15</sup> is (18.4. ábra). A 2019-es üvegházgáz egyenérték már 500 ppm CO<sub>2</sub> koncentrációval egyenértékű.<sup>16</sup>

<sup>14</sup> Az együttes megvalósítás esetén a 2000 után elvégzett beruházások által 2008 és 2012 között elért csökkenés eredménye volt elszámolható, a kereskedelem pedig 2008-tól kezdődhetett.

<sup>15</sup> Az üvegházgáz index (AGGI) a Kiotói Jegyzőkönyvben meghatározott 1990-es referenciaérték, amit a kibocsátás-csökkentésekkel el kellett volna érni. Az üvegházgázok együttes hatását pedig melegítő potenciáljuk alapján (lásd 5.1. táblázat) összegzik.

<sup>16</sup> <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>



18.4. ábra. Az üvegházgázok kibocsátásának hatása és a Kiotóban meghatározott cél.  
(Forrás: NOAA 2020)

A kiotói megállapodás bármennyire logikus és hosszú távon az egész emberiség érdekét szolgálná, a gyakorlatba való „beépülése” tragikusan mutatja, hogy sok ország vezetői mennyire nem veszik komolyan a jövő generáció érdekét. Az IPCC tevékenysége nyomán mindinkább bizonyított lett, hogy szoros kapcsolat van az üvegházgázok kibocsátása és a légkör melegedése között. A hétköznapi tények (szélsőségesebb időjárás, sarki jegek és gleccserek olvadása, stb.) az átlagember számára is meggyőzővé tették a folyamatot. A tények azonban azt mutatták, hogy miközben már a korábban kétkedő kormányok sem vitatják az alapvető összefüggéseket, alig van, aki tenni is szeretne a változások érdekében. A tétlenséget mutatja, hogy a Kiotói Jegyzőkönyvben elfogadott bázisévhez viszonyítva 2019-re már 45%-kal nőtt az üvegházgázok összegzett kibocsátása a célként megadott 1990-es értékhez viszonyítva. Ahogyan azt az 5.19. ábrán láthattuk, az utóbbi másfél évtizedben egy nagyon fontos változás is bekövetkezett a nagykibocsátók sorrendjében: 2006-tól Kína megelőzte az USA-t és a legnagyobb szennyező lett.

A Kiotói Jegyzőkönyv érvényessége eredetileg 2012-ig szólt, így gyakorlatilag a 2005-ös életbe lépésétől kezdve az országok többsége egy újabb klíma-megállapodás megvalósításán fáradozott. Az évenként lefolytatott tárgyalások legnagyobb eredménye szinte mindig ugyanaz volt: folytatni a tárgyalásokat – érdemi eredmény nélkül. Ha hétköznapi nyelvre le akarjuk fordítani, akkor leginkább a „fogjuk meg, és vigyétek” megállapítást tehetjük. Szinte mindenki egyetért a célokkal, de az EU-n kívül cselekedni senki sem akar. A kisiskolásokhoz hasonlóan az országok zöme a másakra mutogat, és azt bizonygatja, hogy neki éppen miért nem kell semmit tenni. Az érveléseknek persze van igazságalapja (erre jó a célnak megfelelően forgatható statisztika), de az ilyen részizgazságoktól még nem csökken az üvegházgázok mennyisége. Nagyon tanulságos összehasonlítani az egyes országok érveit, és ami mögötte volt. Kína (a

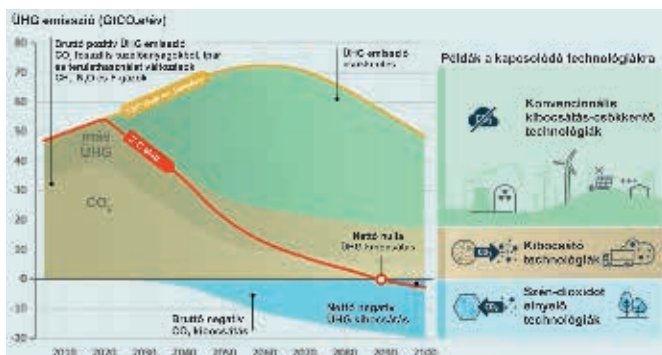
legnagyobb kibocsátó) és hozzá hasonlóan India, sokáig azzal érvelt, hogy az egy főre jutó kibocsátása töredéke az USA-énak, így semmilyen kibocsátási korlátozást nem fogad el. Az EU és néhány fejlett ország azt szeretne volna elérni, hogy a gyors gazdasági növekedésű fejlődő országok kötelezően vállalják majd, hogy további gazdasági növekedésük már nem jár együtt a kibocsátások hasonló ütemű növekedésével (azaz nem csökkentést, de legalább a környezetvédelmi szempontok figyelembevételét kívánták elérni fejlesztésekben). Kanada (miközben tisztában volt azzal, hogy korábbi vállalásait nem tudja tartani a palagáz kitermelése miatt), az egész fejlődő világra is szeretett volna valamilyen szabályozást, majd – öns érdekei miatt – kilépett a megállapodásból. Szaúd-Arábia ellene volt minden, a kőolajra épülő gazdasági növekedést veszélyeztető környezeti megállapodásnak, de alapot hozott létre a kőolaj „környezetbarát” felhasználására. Az USA és néhány nagy kibocsátó (Japán, Oroszország) nem akart konkrét számokat, csak egy dokumentumot, ami felszólítaná a fejlett országokat, hogy 2020-ig 20-40%-kal csökkentsék kibocsátásaikat. Fontos megjegyeznünk, hogy az USA-ban sem volt egységes a szembenállás a Kiotói Jegyzőkönyv szellemével. Al Gore 2006-ban megjelent könyvében két oldalon keresztül sorolja azokat az amerikai városokat, amelyek jelképesen már ratifikálták a megállapodást.

Mi az, amit ilyen helyzetben el lehet érni? Tárgyalni, és megpróbálni meggyőzni a nagy kibocsátókat. Nem könnyű. Mivel a CO<sub>2</sub> nem helyben maradó szennyezés, a nagy kibocsátók nem szembesülnek a saját tetteik súlyával. Hiába akar az EU érdemi lépéseket, és tesz is ennek érdekében, ez édeskevés. Az évenkénti tárgyalások legnagyobb eredménye az volt, hogy 2012-ben megállapodtak a Kiotói Jegyzőkönyv logikáján alapuló folytatásban (a fejlett országok 2020-ig tettek vállalásokat).

Ebben a környezetpolitikai semmittevésben 2015-re állt be fordulat. Második elnöki ciklusa végéhez közeledve Obama elnök megvívta belső harcait az USA-ban, Kína eredményes lépéseket tett a „kiotói logika” terén (megújuló energiák, erdősítés stb.), és 2015 végére létrejött a rég várt csoda: a Párizsi jegyzőkönyv, melyet 2021. február 12-én 197 aláíró tagállam közül 190 ratifikált is. Ekkor úgy tűnt, hogy talán az egyik legfontosabb globális környezeti kérdésben konszenzus született. A párizsi klímacsúcs megállapodásának végső célja, hogy a globális felmelegedés az iparosodás előtti értékhez képest 2 °C alatt maradjon, és megfogalmazták azt, hogy emellett „törekedni kell arra”, hogy a felmelegedés ne haladja meg az 1,5 °C-t. Az országok célja továbbá, hogy a század végéig elérjék a nettó zero CO<sub>2</sub>-kibocsátást, csökkentve a klímaváltozáshoz kötődő kockázatokat (18.5. ábra).

A megállapodás szerint a klímaváltozás mérséklése érdekében tett emisszió-csökkentést az országoknak önálló vállalásokkal kell megtenni, melyeket ötévente kell jelenteni, és minden újabb vállalásnak szigorúbbnak kell lennie az előzőnél. Az országok vállalásainak azonban nincs nemzetközi jogi kényszerítése. Az egyezmény életbelépéséhez legalább 55 olyan ország ratifikálása szükséges, amelyek együttesen

az üvegházgáz-kibocsátások legalább 55%-áért felelősek. Ez a támogatottság – az ismertetté laza feltételrendszer miatt – nagyon gyorsan, 2016 novemberére megvalósult. Bár az USA támogatta a megállapodást, az elnökváltást követően Trump elnök többször is a megállapodás felmondását helyezte kilátásba (majd 2019 decemberében elindította a kilépési folyamatot, ami 2020 végén lett hatályos, de ezt az új elnök, Biden első hivatali napján vissza is vont 2021. január közepén), és a nagyobb kibocsátók közül Oroszország is kivárt (2019. októberig) a jegyzőkönyvhöz való csatlakozással. A Párizsi Megállapodás végrehajtási mechanizmusait többé-kevésbé a 2018-as Katowice-i ülészak pontosította. Ebben többek között a kiotoi mechanizmusok logikájának folytatásáról, a nemzeti jelentések követelményeiről, a közze teendő információk tartalmáról, finanszírozási kérdésekről és egy 2023-ban esedékes átfogó értékelésről állapodtak meg.

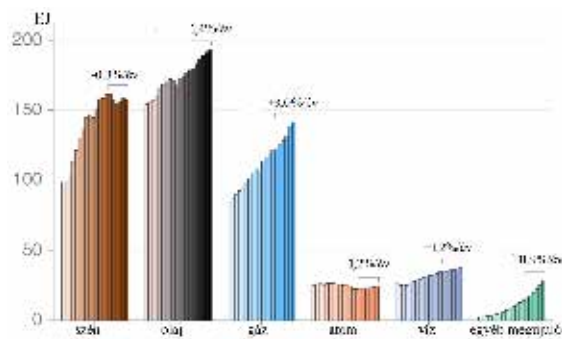


18.5. ábra. A légköri széndioxid-csökkentés tervezett folyamata az éghajlatváltozás enyhítése érdekében – avagy egy párizsi álom (Forrás: UNEP 2017)

A Párizsi Megállapodás egy politikai siker, de a szakmai tartalmát átgondoló szakembereknek, szakmai szervezeteknek nem túl kedvező a véleménye. Az UNEP 2016-os éves emissziós jelentése szerint 2030-ban az üvegházgáz emisszió várhatóan eléri az 54-56 milliárd tonna szén-dioxid ekvivalenst, ami 12-14 milliárd tonnával több, mint ami ahhoz szükséges, hogy 2 °C alatt legyen tartható a hőmérséklet emelkedése. Ha pedig csak a párizsi vállalásokat valósítják meg – a 2030-ra jelzett kibocsátás mértéke alapján – a hőmérséklet-emelkedés 2,9-3,4 °C lesz az évszázad végére (az iparosodás előtti időkhöz képest). A súlyos klímaváltozás elkerülése érdekében 2030-ig az országok által jelzett vállalásoknál legalább 25%-kal nagyobb csökkentésre lenne szükség.

Jelen sorok írója is egyetért a kritikus véleményekkel, és néhány megjegyzéssel fejezi ki kétségeit a megállapodás szakmai részével kapcsolatban. A kiotoi megállapodás szigorúbb jogi következményei ellenére sem tudta érdemben mérsékelni az

üvegházgázok kibocsátását (lásd 18.4. ábra). Az eddigi tendenciák alapján a 1,5 °C-os párizsi cél komolytalannak tűnik, amikor a 2 °C-ot sem lehet tartani, hiszen ebből már legalább 1 °C megvalósult, és a klímakutatók korábbi megállapításai szerint a világtengerekben felhalmozódott hőtöbblet további üvegházgáz-kibocsátás növekedése nélkül is fél-egy °C-os emelkedést okozna később. Az országok vállalásának rugalmatlansága miatt megvalósíthatatlannak tűnik a CO<sub>2</sub> szint mérséklésére tervezett folyamat (lásd 18.5. ábra).



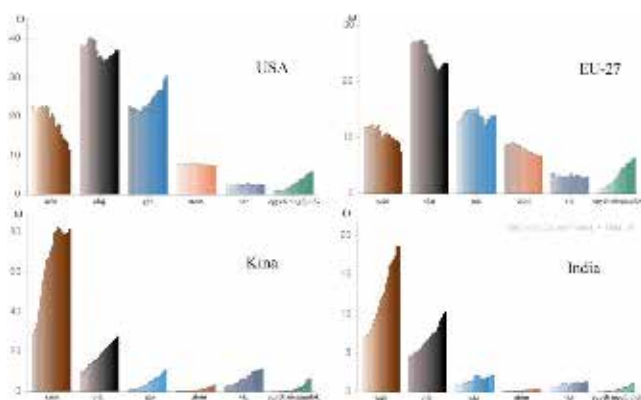
18.6. ábra. A globális energiafelhasználás energia fajtánként 2000–2019 és a 2014–2019-es időszak trendje<sup>17</sup> (az ábra forrása: GCP 2020, az adatok forrása BP)

Ha összehasonlítjuk a globális energia-felhasználásban annak módjait és trendjeit, akkor nem kell nagy jósnak lennünk, hogy megállapítsuk: az emberiség a legjobb szándékával sem képes a szén-alapú energiahordozókról 1-2 évtized alatt a szénmentes technológiákra átállni – jelentős megszorítások, és az ezekkel járó konfliktusok nélkül (18.6. ábra). A bal oldali három oszlopot kellene a jobb oldali háromnak kiváltani – egy növekvő felhasználásban. Az pedig közgazdaságilag nehezen elképzelhető, hogy valaki a légkörből való széndioxid kivonást finanszírozni fogja századunk utolsó negyedében. A globális klímapolitika sikertelenségének későbbi bizonyítéka a 2019. decemberi madridi értekezlet eredménytelensége, amiről a sajtó hallgatása is sokatmondó volt.

Összehasonlítva néhány nagy energiaigényű ország és az EU-27 energiaszerkezetét megállapíthatjuk, hogy az EU és a sokat bírált USA az elmúlt másfél évtizedben jelentős lépéseket tett a „tisztább” energiák irányába: számottevően csökkent a szén és a kőolaj felhasználása, ütemesen növekedett az egyéb megújuló energiák (főként a

<sup>17</sup> Az ábrán használt mértékegység az exajoule. 1 EJ = 10<sup>18</sup> J

nap- és szélenergia) hasznosítása, emellett még jelentős az atomenergia és a földgáz szerepe is. Kínában nagy erőfeszítések árán a szénre alapozott energiahasználat növekedését sikerült megállítani, a tiszta energiák hasznosítása terén hatalmas lépésekkel haladnak, de ezek még így is messze elmaradnak a szén és a rohamosan növekvő kőolaj használata mellett. Indiában pedig még töretlen a legszennyezőbb szén felhasználása (18.7. ábra).



18.7. ábra. Az energiatermelés módjai a legnagyobb energia-felhasználó országokban és az EU-ban 2000–2019 (A GCP 2020 felhasználásával)

Az előzőekhez további kiegészítésként el kell mondanunk, hogy miközben a globális klímapolitika élharcosa az EU, még itt is tapasztalunk a fő tendenciával össze nem egyeztethető tényeket. Például amiatt, hogy ösztönözzék a CO<sub>2</sub> kibocsátásának csökkentését, a nagy villamosenergia-termelőknek „kvóta díjat” kell fizetni, ami viszont megemeli az előállítási árakat. Emiatt az EU-n kívüli országok szén-erőművei olcsóbb áramot adhatnak a piacra. Így azután az EU CO<sub>2</sub> kibocsátása azért is csökken, mert a villamos energia egyre nagyobb részét a külső piacokról (pl. hazánk Ukrajna vagy Szerbia szénre alapozott erőműveiből) szerzi be, növelve a globális üvegházgáz kibocsátását<sup>18</sup>. Miután a piac nagy úr, Németországban a növekvő villamos energia díjak leszorítása érdekében 2020 nyaratól újabb 1100 MW-os szén-erőmű indítását engedélyezte, de újra szóba került atomerőművek újraindítása is.

Amikor 1997-ben a Kiotói Jegyzőkönyv kapcsán már nyilvánvalóan látszott, hogy a politika csak igen mérsékeltén vevő a globális klímaváltozás problémájára, Donel-

<sup>18</sup> Bővebben lásd: [https://index.hu/gazdasag/2020/01/29/omlik\\_az\\_unioba\\_a\\_piszkos\\_aram\\_a\\_legtobb\\_epen\\_magyarorszagra/](https://index.hu/gazdasag/2020/01/29/omlik_az_unioba_a_piszkos_aram_a_legtobb_epen_magyarorszagra/)

la Meadows (a „Növekedés határai” társszerzője) publikált egy szenzációs esszét a *The Global Citizen* hasábjain<sup>19</sup>. Bár ma szavakban a politika előrébb jár, mint akkor, rengeteg időt vesztegettünk el, és az igazi tettek még most is váratnak magukra. Így Meadows asszony szavai ma még aktuálisabbak, mint bő húsz éve voltak.

Donella Meadows

***Földanya (Gaia) töpreng a világméretű éghajlat-tanácskozás alkalmával***

*Hibát követtem el, amikor kifejlesztettem ezt a kétlábú, nagyaggyal rendelkező életformát. Ezeknek a teremtményeknek, az Ésszel és az Erkölcsei Intuációval való első szárnyaló kísérletemnek, csodálatos felfogóképességük van. Mulatságos volt figyelni, hogy miként tanulnak és fejlődnek. Azonban már észrevehető néhány tervezési hiba. Összefavarják tudatuk találmányait törvényeim valóságával. Nehezen birkóznak meg a rövid időn belül végrehajtott tetteik hosszúlejáratú hatásaival, és attól félek, ügyesebbnek képzeltem őket, mint amilyenek a valóságban.*

*Éppen most tartanak egy összejövetelt egy Kiotó nevű helyen, amelyen megkísérelnek megegyezni egy levegőre vonatkozó határozatban. Azon vitáznak, hogy a CO<sub>2</sub> a levegőben 450, 750, vagy 1000 ppm legyen? Rettenetesen önteltek. Én ezzel már sokkal többet kísérleteztem, mint amennyit egyáltalán el tudnak képzelni. Nagyon sok CO<sub>2</sub>-vel kezdtem, 3%-kal, azaz 30 000 ppm-mel. Azután elkezdtem játszani az étellel. Kékeszőld algákat teremtettem, amelyek táplálékként felfalták a szén-dioxidot. Évmilliárdokon át ezek az algák és a belőlük fejlődött növények szén-dioxidból fölepítették magukat, majd elpusztultak és a mocsarak és tengerek fenekére süllyedtek, a levegőből felvett szenet olajjá, gázzá és kőszénné formálva. A CO<sub>2</sub> a levegőben egyre jobban csökkent, sokszori ingadozással. Az elmúlt évszázadok és évezredek alatt: 180 ppm volt a szintje a jégkorszakokban, és 280 ppm a meleg időszakokban. Ezek a változások megsemmisítették az élet egyes alakjait. Amelyek nem voltak képesek alkalmazkodni, azok eltűntek. Elősegítettem az újabbak, a rugalmasabbak, a találékonyabbak és azt kell mondjam, a szebbek evolúcióját. Büszke voltam az eredményemre. Bonyolultak! Összetettek! Meg kell nézni az esőerdőimet!*

*Azután egyszer, néhány évszázaddal ezelőtt - ami egy szempillanítás az én időszámításomban - a nagyagyúak kitalálták, hogy miként égessék el az olajat, a szenet és a gázt. A hosszú időn át raktározott CO<sub>2</sub> kezdett visszáramlani a légkörbe. A szintje már fölemelkedett 270-ről 360 ppm-re, és egyre gyorsabban emelkedik, ahogyan versengenek a kocsikkal, áramot fejlesztenek, fűtenek, élelmiszert termelnek, rengeteg fajta játékot állítanak elő, és mindenből egyre csak többet.*

<sup>19</sup> <http://donellameadows.org/archives/mother-gaia-reflects-on-the-global-climate-conference/> - Ez egy kötelező olvasmány!

Átmentem sok nagy időjárás-felforduláson, megváltoztak óceáni áramlatok, valaha ezer mérföldes jégsapka volt Kiotón túl, hatalmas sivatagok ott, ahol ma erdők vannak, és erdők ott, ahol ma sivatagok. Többször is eltűnt az életformák jelentős része, és újra elkezdődött az algákkal és csúszkáló lényekkel.

Fenn fognak maradni. De én is fenn fogok maradni! Nem tudom, hogy a nagyagyúk is akarják-e ezt, de az elraktározott szénen alapuló „civilizációjuk” nem fog fennmaradni. Önmagukat nagyon függővé tették a tenger szintjétől, a meghatározott helyeken adott időben hulló esőtől azzal, hogy behatárolják a folyókat és a szeleket - de ezek az ő határaik, nem az enyéme. A határokat azonban nem lehet megtartani, az éghajlat esetében sem.

Látható, hogy sok nagyagyú igyekszik számításokat végezni az önmaguk alkototta helyzetről. De az intelligenciájukra vonatkozó terveim hibái nyilvánvalóak: egy „pénznek” nevezett különös eszközüket használják arra, hogy eldöntsék: mit tegyenek. A „pénz” az ő jelképük. Főtaláltak egy játékot, amelyben a pénz biztosítja a hatalmat valami felett. A pénzükön mindent és mindenkit meg tudnak vásárolni, de nem tudnak megvenni egy napfényes reggelt, egy tiszta folyót vagy egy 270 ppm CO<sub>2</sub>-t tartalmazó légkört. Az összes pénzüket a táskámba önthetik, de ettől nem fogom esővel öntözni a veteményüket, vagy elhárítani egy áradást.

A légkör összetételének meghatározásánál a pénzbeli költségek kiszámításának éppen annyi az értelme, mint azt meghatározni, hogy egy repülőgép a futballpályán a labda helyzetének megfelelően repüljön. Rossz a mérték, rossz a pálya, rossz a játszma. A repülőgépek az én törvényeim szerint repülnek, ugyanígy az éghajlat is, tekintet nélkül arra, hogy a nagyagyú főemlősök mit tesznek bármennyi pénznek nevezett anyaggal.

Ha ezt nem fogják fel, akkor rászánok néhány millió évet, és megkísérlem, hogy kifejlesszem az intelligencia egy magasabb alakját. Szégyenteljes, hogy a pénzimádók helyett valószínűleg újra a csimpánzokat és a gorillákat használhatom erre. Építhetek a delfinekre is, ha túlélik mindezt.

De talán mégsem lesz erre szükség. Mostanában közelednek egy helyes intelligenciához. A nagyagyak rendelkeznek azzal a képességgel, hogy a hatalomnál és pénznél távolabbra tekintsenek, a jövőbe lássanak, megértsék törvényeim alapjait, különbséget tegyenek a jelképek és a valóság között. Közülük egyesek tudják, hogy milyen sokféle energiát tudnak hasznosítani, ha nem akarják visszaengedni a szemet a légkörbe. Nem lehetetlen, hogy jó útra térnek.

De jó volna sietni. A kiakadt gázok itt lesznek még évszázadokon át. Az éghajlatváltozás elkezdődött, és évtizedek alatt kibontakozik még akkor is, ha azonnal bölcsebbé válnak. Remélem, bölcsebbek lesz. Mert valójában kedvelem őket.



### 18.2.3. Megállapodások a savas esők hatásai ellen

Amíg az ózonkárosító, valamint az üvegházhatásért felelős gázok zöme a légkörben elkeveredve globális hatásokat eredményez, addig a levegőbe kerülő szennyezések másik csoportja általában kisebb, de mégis jelentős (ezer km-es nagyságrendű) távolságra jut el, így a szennyeződésekkel sokkal inkább szembesülnek a kibocsátók. Mindez azt is eredményezi, hogy ha valamelyik ország környezettudatos beavatkozásokkal javítani szeretne környezete állapotán, sokkal kevesebb nemzetközi egyeztetéssel megteheti azt.

Miután nyilvánvaló lett, hogy egyes légszennyezések a határokon átjutva nemcsak a szennyezést kibocsátó országot károsítja, az ENSZ Gazdasági Bizottsága kezdeményezésre egy átfogó egyezményt hoztak 1979-ben Genfben „*az országhatárokon áterjedő, nagy távolságra eljutó légszennyeződésekéről*” (LRTAP)<sup>20</sup>. Az egyezmény a savas esők és savas ülepedés szempontjából legfontosabb légszennyezők (először csak a kén- és a nitrogénvegyületek) kibocsátásának csökkentését, rendszeres adat-szolgáltatást és a szennyező anyagok mérését, monitorozását írta elő. Az egyezményt 2020-ig összesen 8 jegyzőkönyvvel egészítették ki, és folyamatos szigorítással a szabályozott anyagok kibocsátását csökkentették, illetve a szabályozott elemek körét bővítették. Az egyezményhez kapcsolódóan 1984-ban fogadtak el egy programot az *Európai Monitoring és Értékelési Program* (EMEP) finanszírozásáról. Ennek keretében három fő komponens, a kén, a nitrogén és az illékony szerves vegyületek kibocsátási adatainak gyűjtését, a levegő és a csapadék minőségének mérését és elterjedésük légköri modellezését határozták meg.

A Genfi Egyezményhez kapcsolódó jegyzőkönyvek annak tartalommal való megtöltését eredményezték. Így például az 1985-ben, Helsinkiben elfogadott jegyzőkönyv a *kénkibocsátások* 30%-os csökkentését írta elő. Ez azt tartalmazta, hogy az országok 1993-ig az 1980-as kibocsátási szintjükhöz viszonyítva hajtják végre a csökkentést. Szófiában, 1988-ban a *nitrogén-oxidokról* hoztak határozatot, miszerint 1994-re azok kibocsátása nem haladhatja meg az 1987-es szintet. Majd az *illékony szerves vegyületek (VOC)* kibocsátásának szabályozásáról 1991-ben Genfben döntöttek. Az ide tartozó anyagok főként az üzemanyagok és az oldószerek párolgásából származnak (pl. benzin, aceton, benzol, xilol, formaldehid stb.), az egészségre veszélyesek, s jelentősen hozzájárulnak a fotokémiai szmog kialakulásához. A szabályozás szerint ezek mennyiségét 1999-ig 30%-kal csökkenteni kell egy 1984–1990 közötti bázis időszakhoz viszonyítva, vagy azt a csökkentést kell

<sup>20</sup> A egyezményt aláíró országok köre döntően Európára terjed ki, rajtuk kívül az USA és Kanada, valamint a Szovjetunió utódállamainak többsége írta alá, így csak nagy jóindulattal tekinthető világméretű egyezménynek.

végrehajtani, amit az ózonegyezményben vállaltak, vagy az 1988-as szintet nem szabad túllépni.

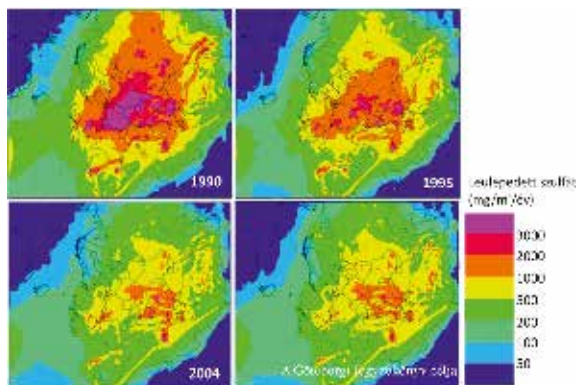
1994-ben a kénkibocsátások további szerkezeti pontosítását és ütemezett szigorítását eredményezte az Oslói Jegyzőkönyv. A folyamatos értékelések azt mutatták, hogy az országok többsége komolyan vette a vállalásokat, nagyobb mértékű és gyorsabb csökkentéseket hajtott végre. Felismerve azt, hogy a légköri aeroszol *nehézfémeket* is tartalmazhat, szükségesnek látták ezek korlátozását is. 1998-ban a dániai Aarhus-ban elfogadott jegyzőkönyv főként az ólom, a kadmium és a higany kibocsátásának csökkentését írta elő. Az országok nem léphetik túl kibocsátásaikban az 1990-es szintet, vagy egy 1985 és 1995 közötti bázisév adatát. A jegyzőkönyv külön kitér arra, hogy a lehető legjobb technológia alkalmazásával el kell érni az üzemanyagokban az ólom, a szárazelemekben a kadmium, az elektromos berendezések, higanygőz lámpák, a fogászati anyagok, peszticidek és a festékek esetében pedig a higany kiváltását. Ugyanekkor született jegyzőkönyv a *hosszú élettartamú (perzisztens) szerves anyagok* korlátozásáról. Ezen anyagok közül több zsírban oldódik és felhalmozódik az élő szervezetekben, valamint tapasztalatok szerint jelentős egészségügyi problémákat okoztak olyan halat nagyobb mennyiségben fogyasztó országokban, mint Kanada vagy a skandináv államok. Az egyezmény egyebek mellett például tervbe vette a DDT, a HCH-k és a PCB-k szigorú megsemmisítését, és előírta olyan veszélyes anyagok, mint a dioxin, a furánok, a PAH és HCB vegyületek 1990-es szinten való korlátozását. A dioxinok esetében nagyon aktuális volt ez a szabályozás, mert az egyezményben leginkább érintett Európa a legszennyezettebb a világon.

Az 1999-ben Göteborghban (Svédország) alkotott jegyzőkönyv a *savasodás, az eutrofizáció és a felszínközeli ózon* csökkentésével foglalkozott. Maximálták négy anyagcsoport (kén, nitrogén-oxidok, a VOC-k és az ammónia) kibocsátását. Ennek során Európában 2010-ig együttesen csökkenteni kellett a kibocsátásokat (az 1990-es szinthez viszonyítva), kén esetében 63%-kal, a  $\text{NO}_x$ -nál 41, a VOC-knál 40, az ammóniánál 17%-kal. Külön felhívja a figyelmet olyan tevékenységek veszélyeire, mint a növényégetés, az elektromos termelés, a vegytisztítás és a közlekedés. Megemlíti jegyzőkönyv, hogy a beavatkozások következtében az Európában savasodással érintett terület az 1990-es 930 ezer  $\text{km}^2$ -ről 15 ezerre zsugorodik, az eutrofizációval érintett területek nagysága 1,65 millió  $\text{km}^2$ -ről 1,08 millió  $\text{km}^2$ -re csökken, a fokozott ózonkárosításnak kitett növényzet aránya az 1990-es érték 44%-ára esik vissza, és becslések szerint évente mintegy 47,5 ezerrel csökken a légszennyezések okozta halálozás.

*Ezeknek a légszennyeződési jegyzőkönyveknek a folyamatosan bővülő tartalma jól mutatja, hogy a technika lehetőségeinek és a jobb tudományos megismerésnek köszönhetően hatékonyan lehet fellépni a légszennyezések és következményeik csökkentése területén a gazdasági fejlődés akadályozása nélkül. A szigorítások hatásait jól mutatják a folyamatosan javuló légszennyezési adatok (18.8. ábra).*

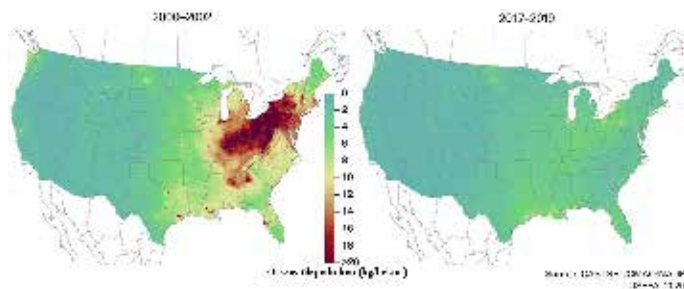
Az előbbi megállapodások súlypontja Európára koncentrált, azonban az 1980-as évek során Észak-Amerikában oly mértékben okozott problémát a savasodás, hogy az külön program indítását indokolta. Az 1990-ben indított „Savas eső program” az Egyesült Államokban célul tűzte ki, hogy az évi kén-dioxid- és nitrogén-oxid-kibocsátást 10, illetve 2 millió tonnával csökkentse 2010-ig, és így az 1980-as szint alá kerüljenek. A programba később Kanada is bekapcsolódott. A legjelentősebb emisszió-csökkentést a korábban leginkább szennyezett területeken sikerült elérni (18.9. ábra). Regionális léptékben a 25 év alatt a kén lerakódás 88%-kal, a nitrogén 26-71%-kal csökkent.

A savas esők problémájának súlypontja az utóbbi két évtizedben Észak-Amerika és Európa helyett Ázsiába tevődött át, mivel ahogyan az 5.5. fejezetben bemutattuk, itt találhatók Földünk legszennyezettebb városai. Ez az állapot az utóbbi években Kína kivételével nem sokat változott. A helyzetet az súlyosbítja, hogy Ázsiában nincsenek kibocsátási egyezmények, a nemzeti ellenőrzés is sok országban csak kialakulóban van. Azonban az utóbbi évtizedben, Ázsiában is nagy fordulat következett be a légszennyező anyagok, így a savas esők fő okozójának a kéndioxidnak kibocsátásában is. Egy 2017. végén közzétett elemzés<sup>21</sup> alapján a két nagy szénhasználó ország közül 2007 óta Kína 75%-kal csökkentette  $\text{SO}_2$  kibocsátásait, miközben India 50%-kal növelte azt. A változást látványosan bizonyítják a tanulmányban közzétett – úrfelvételek alapján készült – térképes összehasonlítások.



18.8. ábra. Az évente leülepedő kén mennyiségének csökkenése Európában a kibocsátás-csökkentési jegyzőkönyvek következményeként (Forrás: EMEP 2006)  
(ülepedő kén  $\text{mg}/\text{m}^2/\text{év}$ )

<sup>21</sup> <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2017/chinas-sulfur-dioxide-emissions-drop-indias-grow-over-last-decade>



18.9. ábra. Az „Acid Rain” program eredménye a kén ülepedésében az USA-ban (Forrás: EPA)

Az észak-amerikai példa is mutatja, hogy nem kell feltétlenül nemzetközi megállapodás a környezetvédelmi intézkedések sikeréhez, elég lehet egy ország határozott szándéka. Jól mutatja ezt Kína több területen tett szigorú fellépése, vagy a világ több táján a koronavírus nyomán hozott kényszerintézkedések levegőminőségre gyakorolt kedvező hatása (lásd 18.4. fejezet).

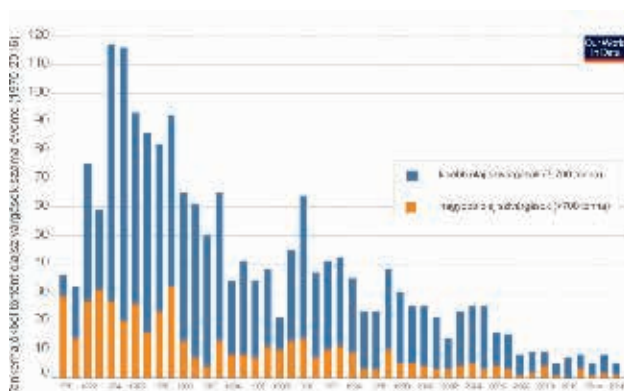
#### 18.2.4. Fontosabb nemzetközi szerződések a tengeri környezetről

Hosszú évszázadokon át a világtenger (a parti vizeket leszámítva) egyfajta senki földje volt, mindenki szabadon használhatta. A tengerhasználat körüli viták a 20. század második felében lángoltak fel, amikor kiderült, hogy a tengerek mélye hatalmas szénhidrogén-készleteket rejt (főként a kontinenseket övező selfeken), illetve amikor távoli országok gyarapodó halászflojtái egyes partmenti országok halászatát is megintgatták. További problémát jelentett, amikor kiderült, hogy egyes országok az óceánok „gazdátlanságát” kihasználva, azokat a veszélyes hulladékok szemétteltelepeként használták, majd pedig az, hogy az antropogén szennyezés milyen hatalmas mértékben gyakorol káros hatást a part közeli vizekre.

Az első átfogó egyezmény, a *London Dumping Convention* 1972-ben született. Ez a világtengerekbe juttatott szennyezések megelőzéséről szól, és az ottani hulladéklerakást tiltja. Eredeti formájában betiltotta a radioaktív anyagok és más erősen veszélyes hulladékok lerakását a tengerekben, 1994-től tiltja a tengereken végzett égetést, 1995-től pedig minden ipari hulladék elhelyezését. Az egyezmény céljai világosak, mégis számtalanszor kijáratották. A Greenpeace például dokumentumfilmmel bizonyította, hogy még évekkel az aláírás után is történtek radioaktív hulladék-lerakások. Ez is oka volt annak, hogy többszöri kiegészítés után 1996-ban „újraírták” az egyezményt.

A Londoni Hulladéklerakási Egyezményt egészítette ki az 1973-ban megszületett, majd 1978-tól megújított MARPOL Egyezmény, amely korlátozta a hajókról az olaj, a szemét, a mérgek és mérgező folyadékok tengerekbe ürítését, illetve szabványokat írt elő a hajók szerkezetéről, működéséről, valamint tiltja a légi úton szállított szennyezők szándékos tengerbe juttatását. Az egyezmény kedvező hatása jól látszik a világtengerekbe jutó olajszennyeződések nagymértékű csökkenésében (18.10. ábra).

Hosszas előkészületek után, 1982-ben született meg az *ENSZ Tengerjogi Egyezménye* (UNCLOS). Az egyezmény szabályozza a világtengerek használatát, és lényegében véget vetett az imént említett gazdálanság időszakának. Kiterjesztette a parti országok jogát, és a hagyományos 12 tengeri mérföldes nemzeti vizeken túl 200 tengeri mérföldes gazdasági zónákat határoz meg számukra. Ez kiterjed mind a vizekre, mind a tengerfenék hasznosítására, így bár formálisan nem az országok területét növelte, de hasznosítási szempontból gyakorlatilag azzal majdnem egyenértékű. (Erre alapozva próbálnak az érintett országok, leginkább Oroszország, kedvező pozíciót szerezni az olvadó északi sarkvidéki vizeken.) Az egyezmény a döntően gazdasági indíttatású megállapodáson túl intézkedéseket tartalmaz a tengeri populációk védelméről, fenntartásáról, helyreállításáról és a tengereket érő szennyezések ellen.



18.10. ábra. A tartályhajókból származó olajkiömlések száma a Földön 1970–2016  
(Forrás: Our World in Data)

A partközeli területek környezeti problémáiról először regionális megállapodások születtek, ezek jól tükrözték a leginkább konfliktussal sújtott területeket (Északi-tenger 1974, Földközi-tenger 1976, a kuvaiti régió 1978, a tágabb Karib-tenger 1983). 1985-ben alkották meg a szárazföldről származó szennyeződések elleni védekezés alapelveit, és végül 1995-ben megszületett a Washingtoni Nyilatkozat (és a hozzá kap-

csolódó akcióprogram) a tengeri környezet szárazföldről származó szennyeződések elleni védelméről.

Az ember tevékenysége látványos pusztulást okoz a tengeri élővilágban. Az óceánok legnagyobb méretű fajai, a bálnák igen szembetűnően mutatják e problémát, nem véletlen, hogy védelmük megkülönböztetett figyelmet kapott. A kezdetben (1946) inkább csak gazdasági racionalizálás céljából létrejött *Nemzetközi Bálnavadászati Egyezmény* (IWC) akkor vett fordulatot, amikor a vadászatban nem, vagy kevésbé érintett (a szervezetbe „beszivárgó”) országok 1982-ben kikényszerítették a bálnavadászat betiltását. Az egyezmény körül azóta is rendszeresek a viták, mert a vadászatban gazdaságilag erősen érintett országok (pl. Japán, Norvégia, Oroszország) szeretnék feloldani azt, rendszeresen kijátsszák vagy kilépnek az egyezményből (Japán).

A világtenger szennyezésének csökkentése érdekében a Nemzetközi Tengerészeti Szervezet (IMO) 2020-tól jelentős szigorítást ír elő az üzemanyagok minőségéről, az eddig tömegesen használt nehézelaj igen magas kéntartalma miatt<sup>22</sup>. Az új szabályozás hetedére (5000 ppm-re) csökkenti a korábbi határértéket. Ennek az emberiség többsége számára alig érzékelhető szennyezésnek sokkal nagyobb a mértéke, mint gondolnánk. A világkereskedelem 9/10-e napjainkban a tengeren zajlik, és egyetlen óriási tanker kénkibocsátása akár annyi lehet, mint 50 millió személygépkocsié – és 2019-ben mintegy 53 ezer ilyen járta a tengereket. Sajnos már az első évben kiderült, hogy a szigorítás számos komoly műszaki problémát okozott.

A megszűletett nemzetközi egyezmények valamelyest enyhítettek az óceánokra nehezedő környezeti nyomáson, de számos példa bizonyítja, hogy a tengerekre vonatkozó egyezmények betartása/betartatása még számos viaszassággal terhelt. A halászajók például rendszeresen visszaélnék a fejletlen országok halászvizein vásárolt jogokkal (a zsákmány egy részét letagadják), vagy egyszerűen megsértik a megállapított kvótákat a közös vizeken, így fokozzák a túlhalasztást.

## 18.2.5. Nemzetközi megállapodások az édesvízről

Az édesvizek problémáinak bemutatása során alig vitatható, hogy a kérdéskör globális jellegű, ugyanakkor a példák arra is rávilágítottak, hogy ezek a globálisnak tűnő jelenségek ezernyi lokális és regionális ügyből állnak össze, s egy-egy konkrét probléma megoldása általában nem átfogó elvi rendezést igényel, hanem nagyon konkrét helyi beavatkozást.

<sup>22</sup> <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>

Leginkább talán a vizes konfliktushelyzetekkel foglalkozó 6.1.9. fejezet mutatta azt meg, hogy az erőteljesen különböző érdekek miatt nehéz átfogó megállapodásokat kötni, s azokban elengedhetetlenül kompromisszumokat kellene találni. A vízzel kapcsolatos globális gondok alapvetően különböznek a légkör problémáitól. A légkör esetében kis túlzással azt mondhatjuk, hogy az emberiség „egy csónakban evez”, még a határon átjutó szennyezések csökkentése esetében is van a szennyezőnek és az azt elszívóknak közös érdeke (hiszen a szennyezés egy része azért helyben is károsít). *Az édesvizek esetében viszont inkább úgy általánosítható a probléma, hogy egy csónakonő méretű tortát kell egyre több éhes száz között elosztani.* És az éhség egy határon túl már nehezen tolerálható, a racionálisnak tűnő érvek helyett előtérbe kerülhetnek erőszakos „megoldások”. Mindezek talán érthetővé teszik az édesvízproblémák rendezésre irányuló nemzetközi egyezmények tartalmát, s azt is, hogy a kevés átfogó megállapodás milyen kevés konkrétumot tartalmaz (ugyanis 2-3 ország ügyét nem lehet általánosan rendezni, a szükséges kompromisszumokban helyben kell megállapodni).

Az édesvizek problémáiról az ENSZ először 1977-ben rendezett tematikus konferenciát Mar del Platában (Argentína). Az itt elfogadott akcióterv alapján – és végső soron a vízhez kapcsolódó szaporodó gondok miatt – az 1980-as évtizedet az *ivóvíz és a csatornázás* évtizedének nyilvánították, de ez a figyelemfelkeltésen túl nem sok konkrét eredményt hozott, a problémák csak fokozódtak.

Ezután – a Riói Konferenciára készülve – 1992 elején önálló vízügyi konferenciát rendeztek Dublinban (Dublini nyilatkozat a vízről és a fenntartható fejlődésről), melyen négy fontos alapelvet fogalmaztak meg, közülük kettőnek van kiemelten fontos mondanivalója. Eszerint „*az édesvíz véges és sebezhető természeti erőforrás, amely elengedhetetlen az élet fenntartása, a fejlődés és a környezet védelme szempontjából,*” illetve „*az egymással versengő vízhasználók szempontjából a víznek gazdasági értéke van, és a gazdasági javak kategóriájába sorolandó.*” Elmúlt az az idő, amikor a víz korlátlanul állt rendelkezésünkre, napjainkban már fontos erőforrásnak számít. A Riói Konferencián – ahogy a fejezetünk elején láthattuk – önálló témaként még nem foglalkoztak a vízzel, csak az Agenda 21 keretében került több szempontból is elő.

Az első globális, érdemi megállapodás az 1992-ben elfogadott *Helsinki Konvenció* (Egyezmény a határokon átmenő vízfolyások és a nemzetközi tavak felhasználásáról). Érdekessége ennek a megállapodásnak, hogy bár ENSZ szervezésű, de szinte csak Európára vonatkozik<sup>23</sup>. Ez hangsúlyozza, hogy a határokat átlépő vízfolyások védelmével és használatával kapcsolatos együttműködésről főként az érintett országoknak kell gondoskodni, különösképpen két- és többoldalú egyezmények keretében. Emel-

<sup>23</sup> Az európai országokon kívül csak négy közép-ázsiai volt szovjet utódállam írta alá.

lett az egyenlőség és viszonyosság alapján összehangolt politikákat, programokat, stratégiákat kell kifejleszteniük az érintett vízgyűjtőkön. Fontos további lépésnek lehetne tekinteni az *ENSZ Vízfolyás-konvenciójának* (New York) 1997. évi megszületését, amely a nemzetközi vízfolyások nem-hajózási célú használatának jogáról szól. De miért csak lehetne? Ennek oka, hogy bár több mint száz ország támogatta megszületését, csak 17 év után, 2014-ben lépett hatályba, és 2020 végéig csupán 40 ország csatlakozott hozzá (37 ratifikálta). A Konvenció döntően a nemzetközi vízfolyások mennyiségi kérdéseire, ezen belül is a vízmegosztásra, illetve az ezekkel kapcsolatos problémák konzultatív megoldására helyezi a hangsúlyt, benne még nem kap érdemi szerepet a vízminőség-védelem és az ökológia. A kötelezettségeket inkább csak ajánlások formájában fogalmazza meg. Bár felveti a nemzetközi szinten okozott károk kompenzálásának gondolatát, alapvető hiányossága, hogy hatálya csak a vízfolyásokra, illetve azok meghatározott szakaszaira (és nem a vízgyűjtőkre) terjed ki.

A Dublini Konferencián felvetették egy vizes problémák megoldását koordináló szervezet, a *Víz Világtanács* megalakításának szükségességét, amire 1996-ban került sor. Később a Világtanács kezdeményezésére életre hívták a *Víz Világforumokat*. Az I. Világforumra Marrákesben (Marokkó) 1997-ben került sor. A tanácskozás utalt a fennálló feszültségekre és a várható válsághelyzetre, felhívta a figyelmet a fenntartható vízhasználat tudatosításának fontosságára. A Hágában tartott (2000) II. Víz Világforum már a konkrét, területekre lebontott problémák bemutatása mellett a 2025-ig előre jelezhető vízügyi jövőkép elemzésével foglalkozott. Ezek a fórumok nem döntéshozók, de megállapításaik fontos iránymutatásokat tartalmaznak. Ilyen lényegi megfogalmazások születtek: a vízkészletek nem lehetnek monopóliumok; a vízzel kapcsolatos szolgáltatások (tisztítás, elosztás, szennyvízkezelés) nem lehetnek ingyenesek, a használóknak meg kell fizetni a valós árat – a szociálisan rászorulóknak kapjanak kompenzációt; az ivóvízhez és csatornázáshoz alanyi jogon juthasson hozzá mindenki. A Víz Világforumokat azóta is háromévente megrendezik. A köztes években „világtalálkozókat” szerveznek (például 2013-ban, 2016-ban és 2019-ben Budapesten). A sok egyeztetés ellenére, a téma sajátos jellege miatt nem lehet globális megoldást találni az édesvízzel kapcsolatos gondokra. Ezekben regionális szinten lehet sikeres megoldásokat keresni. Jó példaként említhető az Európai Unió.

Az EU az 1990-es évek közepén megfogalmazott közös vízügyi politikájának megvalósítására 2000 decemberében léptette életbe a *Vízügyi Keretirányelvet*. Ez természetes egységként kezeli a vízgyűjtőket – így országhatároktól független gondolkodást követel. A Keretirányelv a tagállamok számára kötelező. Miközben megszületése nyomán új fogalmakat kellett megtanulnunk, új alapokra helyezte a teljes vízgazdálkodást. *Célja, hogy megakadályozza a vízminőség további romlását* (csökkentve a felszíni és felszín alatti vizekbe jutó káros anyagok mennyiségét), *segítse elő a fenntartható vízhasználat kialakítását*, redukálja az árvizek és az aszályok okozta károkat,



illetve megvalósítsa a nemzetközi egyezmények céljait. Hatálya kiterjed a felszíni, a felszín alatti vizekre, a vízi ökoszisztémákra és a vízi ökoszisztémáktól közvetlenül függő szárazföldi ökoszisztémák állapotának védelmére, a vízgyűjtő-gazdálkodásra, a vizek mennyiségi és minőségi védelmére, a vizekre káros szennyező anyagok kibocsátásainak csökkentésére, a megfelelő minőségű víz biztosítására. A *Keretirányelv* előírta, hogy *legkésőbb 2015 végéig el kell érni a vizek jó állapotát*, amely felszíni vizek esetében a *víztest ökológiai és kémiai állapotára*, felszín alatti vizek esetében pedig *mennyiségi és kémiai állapotára* vonatkozik. Emellett előírja, hogy a tagállamoknak (és a csatlakozásra készülőeknek) a teljes területükre a Keretirányelv előírásainak megfelelő *Vízgyűjtő Gazdálkodási Tervet* kell készíteni, melyeket rendszeresen aktualizálnak.

Globális megállapodást sikerült elérni az erősen mérgező, normál hőmérsékleten folyékony fém, a higany használatának visszaszorításáról (Minamata convention), amely a vizek mellett (lásd 6.1.4. fejezet) a levegőt és a talajokat is veszélyezteti. Az egyezményt 2021 elejéig 128 ország (köztük hazánk) írta alá.

## 18.2.6. Természetvédelmi egyezmények

Ahogy korábban már szoltunk róla, a környezetvédelmi gondolkodás a természetvédelemmel indult. Az Nemzetközi Természetvédelmi Unió (IUPN, 1956-tól IUCN) játszott kezdeményező szerepet a Természetvédelmi Világalap (WWF) 1961. évi megalapításában is, amely tevékenységének kezdeti szakaszában döntően a veszélyeztetett fajok védelmére összpontosított. 1966-ban jelent meg a *Vörös Könyv* első két kötete a leginkább veszélyben lévő élőlényekről. Közben megjelent Carson *Néma tavasz* című könyve (1962), amely példák sokaságával irányította rá a figyelmet a vegyszerhasználat élővilágot súlyosan veszélyeztető szerepére. Az ENSZ szakosított szerve, az UNESCO 1970-ben elindította az „Ember és Bioszféra” (MAB) programot.

1971-ben megszületett a *Ramsari Egyezmény* (Irán), amely a rohamosan csökkenő vizes élőhelyek megőrzését tűzte ki célul, és alapjában nem tiltó jellegű (az ésszerű hasznosítást megengedi). Sajnos sokfelé már gyakori az ilyen élőhelyek felszámolása. 2021 januárjában 170 országban<sup>24</sup> a 2414 darab egyezmény alá eső védett területek együttes kiterjedése 2,54 millió km<sup>2</sup> volt.

1973-ban fogadták el a *Washingtoni Egyezményt* (CITES). Ezt azzal a céllal hozták létre, hogy a kereskedelem által veszélyeztetett állat- és növényfajok számára hatékony védelmet biztosítson.

<sup>24</sup> Aktuális adatok elérhetőek: <https://rsis.ramsar.org/?pagetab=2>

1979-ben született meg a *Bonni Egyezmény* (CMS) a *vándorló vadon élő állatfajok védelméről*, amely egy keret-megállapodás, és konkrét tartalommal a hozzá kapcsolódó jegyzőkönyvek töltik ki.

A legátfogóbb természetvédelmi egyezmény az 1992-es Rioi Konferencián elfogadott *Biológiai Sokféleség Egyezmény* (CBD), melyről korábban már szoltunk. Az egyezményhez kapcsolódik a *Cartagenai Jegyzőkönyv* (2000), amely szabályozza az *élő, genetikailag módosított szervezetek biztonságos forgalmát, kezelését, felhasználását*.

Mint a felsorolt természetvédelmi megállapodások bizonyítják, a globális környezeti problémákról meg lehet állapodni. Kétségtelen tény, hogy a természetkárosítás sokkal könnyebben bizonyítható, mint a környezeti problémák jelentős része, és talán érzelmileg is nagyobb motivációt jelent.

### 18.2.7. A hulladékokkal kapcsolatos nemzetközi megállapodások

A hulladékok elhelyezésével kapcsolatos nemzetközi szabályozás leggyorsabban a világtengereken tapasztalt szennyezések ellen próbált fellépni (így a már említett Londoni Egyezmény, MARPOL Egyezmény). Az elfogadott megállapodások csökkentették ugyan a tengeri hulladéklerakást (az 1980-as évtizedben az ipari eredetű hulladéklerakás kb. harmadára, a beengedett olaj pedig 60%-kal csökkent), az egyezmények kijátszása mégis folyamatos maradt. Leglátványosabb megnyilvánulásai ennek azok a tanker-katasztrófák voltak, amelyek amiatt következtek be, hogy a nagy olajszállítók egy része nem felelt meg a megállapodásoknak. Egy újabb fontos lépés volt, hogy 2017 decemberében 193 ország írt alá egyezményt a világtengerbe kerülő műanyag hulladékok csökkentéséről.

A szárazföldi területeken tapasztalt, hulladékokkal kapcsolatos visszásságokra lassabban reagált a nemzetközi szabályozás. Ez azzal magyarázható, hogy itt nem nemzetközi területeket, hanem csak néhány országot érintett egy-egy probléma. Az UNEP Kormányzó Tanácsának a veszélyes hulladékok problémájáról 1987-ben, Kairóban megfogalmazott alapelveit követően 1989-ben született meg a *Bázei Egyezmény* (a veszélyes hulladékok országhatárokat átlépő szállításának ellenőrzéséről és ártalmatlanításáról). Az egyezmény előbb korlátozta, majd 1994-től meg is tiltotta például a veszélyes hulladékoknak az ipari országokból a fejlődőbe szállítását végleges lerakás, illetve újrafeldolgozás céljából. (Sokáig az „újrafeldolgozás” jó varázsszó volt az egyezmény kijátszására.) Az egyezmény bejelentési és visszaszállítási kötelezettséget is előír. Mint minden szabályozás, így a Bázei Egyezmény is annyit ér, amennyit betartanak belőle. A helyzet persze sokat javult az utóbbi két évtizedben,

de egyes térségekben mindennapos annak kijátszása. Egyes fejlődő országok (netán korrump hivatalnokai) rövid távú érdekeiket nézik („zsebpénzt” kapnak a veszélyes anyagok befogadásáért), és nem számolnak azok hosszú távú következményeivel. Biztató példák is előfordulnak az utóbbi években. Sorra jelennek meg a hírek, hogy hulladékot tartalmazó szállítmányokat küldenek vissza a „feladó” fejlett országokba. Például Fülöp-szigetek több, mint 70 konténernyi újrahasznosíthatónak álcázott szemetet szállított vissza Kanadába 2019 nyarán, vagy 2020 januárjában Malajzia 110 konténert (több mint 3700 tonna műanyag hulladékot) küldött vissza Észak-Amerikába és Európába.

### 18.2.8. A nemzetközi egyezmények elfogadottsága

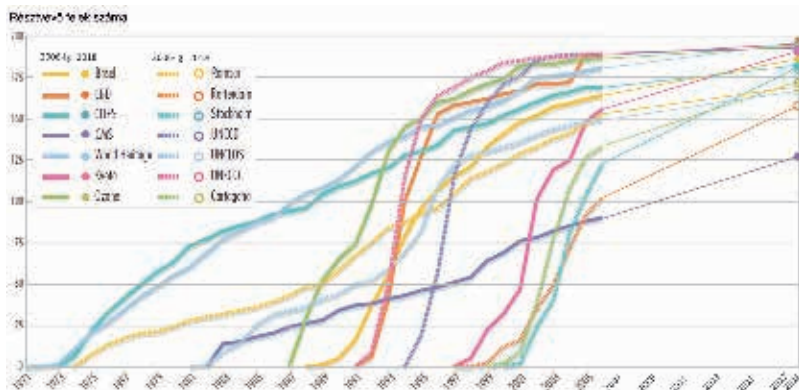
Az UNEP 2007-ben közzétett átfogó értékelésében (GEO-4<sup>25</sup>) 14 olyan nemzetközi megállapodást értékelt, amelyeknek kiemelt szerepe van a globális értékek megóvásában és Földünk jövőbeli állapota szempontjából. Ezek közül néhányról még nem tettünk említést. Talán legismertebb a „*Világ kulturális és természeti örökségének megóvásáról*” szóló egyezmény (egyszerűbb angol nevén World Heritage), amelyet 1972-ben fogadtak el Párizsban. Ez bizonyos szempontból elég sajátos, hiszen nem szól másról, mint, hogy egy állam kötelezettséget vállal arra, hogy a saját területén fekvő világörökségi helyszíneket óvja és megőrzi a későbbi generációk számára. Azaz itt konfliktusforrás elvileg legfeljebb abban lehet, hogy mik kerülhetnek fel erre az adott ország imázsát javító listára. A gyakorlatban azonban egyre többször az is előfordul, hogy gazdasági okokból megszüntetik a védettséget, vagy a hely a beavatkozások miatt már méltatlanná válik az elismerésre.

A világon a regisztrált vegyi anyagok száma 10 millió felett van, és több mint száz-ezer anyag jelenleg is kereskedelmi forgalomban van. Ezek veszélyességük, az élő szervezetekben való felhalmozódásuk miatt különös figyelmet igényelnek. Éppen ezért fontos a *Rotterdami* (1998) és a *Stockholmi* (2001) Egyezmény. Az előbbi a *nemzetközi kereskedelemben forgalmazott egyes veszélyes vegyi anyagok és növényvédők szerek előzetes tájékoztatáson alapuló egyetértési eljárásáról*, az utóbbi a *különösen veszélyes, környezetben tartósan megmaradó szerves szennyező anyagokról* (ún. POP-k) rendelkezik.

Az UNEP anyaga nem említi, pedig a környezetvédelem hatékony társadalmi támogatása érdekében kiemelt jelentősége van az *Aarhusi Egyezménynek* (1998). Ez a *környezeti ügyekben az információhoz való hozzáférésről, a nyilvánosságnak a dön-*

<sup>25</sup> <http://web.unep.org/geo/assessments/global-assessments/global-environment-outlook-4>

*téshozatalban történő részvételéről és az igazságszolgáltatáshoz való jog biztosításáról* rendelkezik. Ez például kimondja, hogy a társadalom tagjainak hozzáférést kell biztosítani a környezettel kapcsolatos közérdekű információhoz, és meg kell kapniuk a lehetőséget a döntéshozatalban való részvételre megkülönböztetés nélkül. Fontos, hogy az egyezményrel összhangban jogait gyakorló személyeket nem büntetik. Az országok az adatokhoz való hozzáférést tudatosítják (pl. ingyenes információs listák), és lehetőleg elektronikus úton is elérhetővé teszik azokat, valamint gondoskodnak a környezetvédelem célját elősegítő szervezetek elismeréséről, támogatásáról. Sajnos az egyezményben foglaltak sok országban nem valósulnak meg.



18.11. ábra. A fontosabb nemzetközi környezetvédelmi egyezmények ratifikációs folyamatának alakulása 2018-ig (Forrás: UNEP 2007 lineáris kiegészítéssel)

Ha röviden értékeljük a Föld országainak részvételét a legfontosabbnak tartott környezetvédelmi egyezményekben, megállapíthatjuk, hogy a megállapodások elvi elfogadása általános, a fontos globális kérdések esetében a nemzeti megerősítésük is gyorsnak mondható. Az egyezményekhez kapcsolódó, konkrét feladatok megvalósítása azonban sokszor akadozik, hiába vesz azokban részt az ENSZ tagországainak zöme (18.11. ábra). Legnyilvánvalóbb példája a korábban már bemutatott Kiotói Jegyző-könyv, majd az újabb klímaegyezmény körüli huzavona, vagy a hulladékokkal kapcsolatos visszásságok. Mindezekről függetlenül a globális környezeti problémák nemzetközi jogi háttere többnyire rendben levőnek látszik.

### 18.3. A nemzetközi környezetpolitika egyéb lehetőségei

A nemzetközi klímapolitika lehetőségei közül két fontos elemet ki kell emelnünk. Az egyik, hogy forrásokat biztosít a jelentősnek ítélt környezeti problémák kutatására, gyakorlati megoldására. A nemzetközi megállapodások sikere nem egyszer attól függött, hogy a gazdaságilag fejlettebb országok milyen mértékű támogatásokat ajánlottak fel egy-egy probléma finanszírozására vagy valaminek a kompenzálására. A tapasztalat szinte mindig az volt, hogy nincs az a pénz, ami elegendő lenne, hiszen az évtizedek alatt összegyűlt problémák mellett a pénzügyi forrásokban szegényebb országok számtalan egyéb gonddal küszködnek. A fejlett országok viszont sokszor tapasztalták azt, hogy a fejlesztési forrásokat nem a kitűzött célokra használták (és talán ez volt a kisebb probléma, ha felhasználták), de gyakran azok eltűntek a korrupcióval terhelt államigazgatásban vagy a helyi „kiskirályoknál”.

A legjelentősebb környezetügyi forrás a Globális Környezetvédelmi Alap (Global Environment Facility), amelyet a Riói konferencia előtt (1992) – annak céljainak támogatására – hoztak létre, a kezdeti időszakban évi 300-400 millió USD támogatási lehetőséggel, amely az utóbbi évtizedben évi 1 milliárd USD fölé emelkedett. A pénzügyi forrást 39 „donor” állam biztosítja.<sup>26</sup> Legutóbbi (hetedik) támogatási időszaka 2018 közepén kezdődött. Az alap eddigi működése során (2020-ig) közel 20 milliárd USD támogatást nyújtott, ami további 107 milliárd USD forrást mobilizált. Ennek eredményeként 170 országban több mint 4700 projekt támogatása valósult meg. Néhány főbb támogatott terület: integrált vízkészlet-gazdálkodás, az üvegházgázok emissziójának csökkentése, a veszélyes vegyi anyagok biztonságos ártalmatlanítása (pl. ózonkárosítók), fenntartható erdőgazdálkodás, a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás, biodiverzitás megőrzése, stb.

Másik fontos támogatási terület a globális problémák kutatása. Ezen a területen az okaiban és következményeiben is az egyik legösszetettebb folyamat, a klímaváltozás kutatására hozták létre 1988-ban az Éghajlatváltozási Kormányközi Testületet (IPCC). Formálisan az ENSZ Környezetvédelmi Programja (UNEP) és a Meteorológiai Világszervezet (WMO) alapította, de mint a neve is mutatja, ez egy kormányközi testület, és munkáját is a kormányok támogatásával tudja végezni. (Éppen ezért került nehéz helyzetbe akkor, amikor a legnagyobb támogató, az USA hozzájárulását Trump elnök felfüggesztette.) A szervezet önálló kutatásokat nem végez, hanem a sokrétű kutatási eredményeket összegzi, és nagyon részletes kutatási jelentéseket ad közre. Az első jelentést (First Assessment Report) 1990-ben adták közre, a hatodik

<sup>26</sup> <https://www.thegef.org/partners/countries-participants>

(összegző kötete) 2022 közepére várható<sup>27</sup>, de két fontos kötete (a Klímaváltozás és a Föld, illetve az Óceán és a krioszféra a változó éghajlaton) már 2019-ben megjelent. Az értékelések nem politikai jellegűek, de alapot szolgáltathatnak a kormányoknak az éghajlatváltozással kapcsolatos politikájukhoz. Miután a jelentések több ezer kutató munkáján alapulnak, a mértékadó tudományos élet összegzett álláspontját képviselik. Bár volt olyan időszak, amikor megkísérelték tekintélyét lejáratni<sup>28</sup>, a nemzetközi társadalom elismerését megszerezve 2006-ban tevékenységüket béke Nobel-díjjal tüntették ki (Al Gore korábbi USA alelnökkel megosztva). Az IPCC munkájában való részvétel nyitott, 2021 elején 195 ország tagja.

## 18.4. Az országok nemzeti környezetpolitikájának jelentősége

A korábbiakban láthattuk, hogy egy-egy globálisan fontos kérdésben csak ritkán sikerül igazán eredményes környezetpolitikai megállapodásokat nemzetközi jogilag is szabályozott formában elfogadtatni. Sokkal eredményesebb és gyorsabb, ha egy-egy ország saját döntéseket hoz. Természetesen ezek sokszor rövidtávon nem mindig találkoznak az egyének érdekeivel. Erre példa lehet a dohányzás közösségi területeken való korlátozása. Sokkal drasztikusabb beavatkozás a több országban megvalósított erőszakos születésszabályozás.

Az esetek többségében a stratégiai jellegű állami beavatkozások komoly pénzügyi forrásokkal, vagy határozott államigazgatási beavatkozásokkal valósíthatók csak meg. Jó példa lehet erre Kína egyedülálló erdősírtési programja vagy a légszennyezések elleni eredményes fellépése az utóbbi évtizedben. De ide sorolhatjuk az USA *Savas esők* programját, egyelőre még némi bizonytalansággal az Urmia-tó megmentését célzó fellépést Iránban, vagy a műanyag hulladékok elleni fellépést sok országban. A fejlett országokban már sikerült a társadalmat a szelektív hulladékgyűjtésre rászoktatni (időnként állami szigorral), vagy a vállalatok CO<sub>2</sub> kibocsátásait kvótákkal csökkenteni. Számos országban ezek a döntések elmaradtak például a légszennyezési, a hulladék elhelyezési, vagy a higiéniai fejlesztések terén. Pedig ezeket helyben lehet megoldani.

Előfordulhatnak olyan esetek is, amikor a környezetállapot javulása olyan állami intézkedés következményeként javul, amit más célból tettek meg. Példa lehet erre a koronavírus miatt elrendelt szigorítások/karanténok hatására 2020 elején tapasztalt levegőtisztaság javulása. Az ipari tevékenységek és a közlekedés visszaesése nyomán például Kína nagy területein, de különösen Vuhan környékén (18.12. ábra) szinte minimálisra csökkent

<sup>27</sup> A kötetek elérhetők: <https://www.ipcc.ch/reports/>

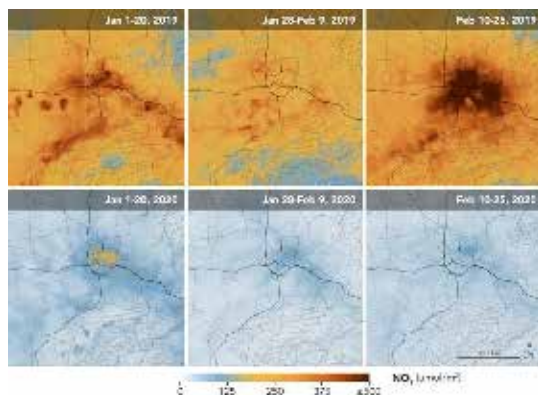
<sup>28</sup> Erről részletesen beszámol Leggett többször hivatkozott könyvében.

a nitrogénoxidok okozta légszennyezés. Hasonló következmények voltak megfigyelhetők Észak-Olaszországban is egy ESA által készített látványos európai animáción<sup>29</sup>. Ezek a kényszerhelyzetben született példák, a korábbiakat kiegészítve jól mutatják, van lehetőség a környezetünk érdekében tett hatékony beavatkozásra.

Van, amikor a központi döntés hosszú távú sikeressége megkérdőjelezhető. Ide sorolható több, a vízkészleteket érintő beavatkozás. Ilyen vezetett az Aral-tó, a Csád-tó, a Holt-tenger és számos kisebb társuk környezeti kríziséhez, komolyan vitatható Szaudí-Arábia öntözéses mezőgazdaságának mértéke a nem megújuló vízkészletre alapozva.

Nagy kérdés, hogy globális stratégiai kérdésekben hogyan lehet a lakosságot cselekvésre bírni. Mennyire lehet az embereket például lokális klímastratégiák megvalósításába bevonni, amikor tudják, hogy tevékenységük globális léptékben elenyésző, miközben ráadásul a nagy üvegházgáz kibocsátó országok tétováznak az együttműködésekben.

Komoly etikai problémákat vet fel, amikor egyes országok aktuális érdekük miatt kilépnek nemzetközi egyezményekből minden érdemi felelősségre vonás lehetősége nélkül. Ilyen például Kanada kilépése a Kiotói Jegyzőkönyvből, Japán kilépése a Bálnavadászati Egyezményből, vagy az USA Párizsi Jegyzőkönyvből való átmeneti kihátrálása. De ugyancsak elítélhető Brazília megváltozott magatartása az esőerdőkhöz (a védelmüket segítő nemzetközi támogatások ellenére) és az ott élő törzsi közösségekhez, vagy az USA környezetvédelmi szabályozásának lazítása 2020 elején<sup>30</sup>.



18.12. ábra. A koronavírus miatti kényszerintézkedések nyomán lényegesen csökkent a légszennyezés Vuhan környezetében (Forrás: NASA Earth Observatory<sup>31</sup>)

<sup>29</sup> [https://dlmultimedia.esa.int/download/public/videos/2020/03/013/2003\\_013\\_AR\\_EN.mp4](https://dlmultimedia.esa.int/download/public/videos/2020/03/013/2003_013_AR_EN.mp4)

<sup>30</sup> [https://index.hu/kulfold/2020/01/23/trump\\_folyo\\_vizpart\\_elohely\\_korlatozas\\_farmerek/](https://index.hu/kulfold/2020/01/23/trump_folyo_vizpart_elohely_korlatozas_farmerek/)

<sup>31</sup> <https://earthobservatory.nasa.gov/images/146362/airborne-nitrogen-dioxide-plummet-over-china>

## 19. A profitkényszer és a fogyasztói kultúra csapdái

A gazdaság működésének és a gazdaságot erősen befolyásoló kulturális tényezőknek – mint a környezettudatosság vagy a fogyasztói szokások – kiemelkedő szerepe van abban, hogy választ tudunk-e adni a könyvünk korábbi fejezeteiben vázolt globális környezeti kihívásokra. E fejezetben bemutatásra kerülnek e viszonyrendszer legfontosabb kihívásai. Érdeemes megemlíteni, hogy egy tudományterületnek, a környezetgazdaságtannak éppen az az elsődleges célja, hogy a kölcsönhatásokat feltárja. Jelen fejezet ugyanakkor nem környezetgazdaságtani megközelítésben vázolja ezeket az összefüggéseket. Illeszkedve e kötet szellemiségéhez, itt a globális környezeti kihívások által érintett természeti erőforrások használata főként természettudományos szemléletben kerül értékelésre. Ugyanakkor felhívjuk a figyelmet, hogy a jelen kötetet befogadó könyvsorozat egy másik tagja (Kerekes et al 2018)<sup>32</sup> éppen a környezetgazdaságtani megfontolások alapján értelmezi a fenntarthatósági kihívásainkat. Nem térünk ki rá, de fontos megemlítenünk a közgazdaságtani gondolkodás „zöldítését” célzó törekvéseket (átfogóan ld. Virág B. 2019) és a fenntarthatóságot támogató pénzügyi rendszer, az ún. zöld finanszírozás világszerte kibontakozó kezdeményezését, amelyhez a magyar jegybank is az elsők között csatlakozott. Az MNB 2019-ben indult zöld programjával célul tűzte ki, hogy a hazai pénzügyi közvetítőrendszer a jelenleginél lényegesen erőteljesebben támogassa a környezeti fenntarthatóságot pénzügyi termékein, szolgáltatásain keresztül.<sup>33</sup>

### 19.1. A termelési kényszer

Ha a globális környezeti problémák okait leegyszerűsítjük, akkor megállapíthatjuk, hogy a rohamosan növekvő népesség és annak fokozódó fogyasztási igénye gyors termelésnövekedési kényszert vált ki, amivel véges, illetve alig bővíthető természeti erőforrások állnak szemben. A *termelési kényszer* országoként ugyan különböző, de fő mozgatója három elem.

a) *Fogyasztási kényszer*. Ez egyrészt azt jelenti, hogy az egyre nagyobb népesség fogyasztási igénye akkor is nő, ha az egyének nem támasztanak nagyobb igényeket, azaz több száj többet igényel (ez az oldal főként a fejlődő országokat sújtja). Másrészt viszont terjed a fogyasztói társadalom modellje, ami miatt jelentősen nő az egyének fogyasztása. Ennek összetevői: a pazarló fogyasztás, a bővlik, az eldobható csomagolású termékek bővülő köre, az anyag- és energiaigényes termékek terjedése, a presz-

<sup>32</sup> <http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/3658/1/sustainability.pdf>

<sup>33</sup> <https://www.mnb.hu/greenfinance>



tízsfogyasztás és a fogyasztásra ösztönző reklámok. Ez a második ok főként a fejlett országokban jelentkezik, és az egy főre jutó GDP-vel erős korrelációban van. Gondoljunk bele, mi indokolja a városi terepjárók szaporodó számát? De az is igaz, hogy ma már nem is számít gépkocsinak az, amelyikben nincs légkondicionáló. A lakásokba is egyszerűbb a „légkondit” beszerezni, mint esetleg beszigetelni azokat (pedig akkor a téli fűtésszámla is kisebb lenne). A fogyasztási kényszer talán legszemléletesebb példája az utóbbi 2-3 évtized kínai nagyvárosaiban látható.

*b) Növekedési kényszer.* Ezt talán onnan közelíthetjük meg, hogy a politikai stabilitás alapja a gazdasági növekedés. A növekedést pedig leginkább GDP-vel méri, s nem a szabad idővel, a környezeti állapottal vagy a közérzettel. A fogyasztás növelése szinte mindig a politikai ígéretek középpontjában van, s ezekkel az ígéretekkel 4-5 évenként el kell számolni. Egy olyan program (legyen az bármennyire humánus, vagy a globális jövőben gondolkodó), amelyik a növekedés megállítását, csökkenését tűzné célul (hiába ígérne jobb levegőt, nyugodtabb életet), eleve bukásra lenne ítélve. Ez volt az oka a Meadows-modellekben a hosszú távú problémák megoldására kínált zero növekedés gondolatának elutasíttóságának is.

*c) Technológiai ugrások.* Egy-egy technológia jelentős erőforrásokat köt le, s az átállás a fejlettebbre általában drága, s többnyire pazarló is. Gondoljunk csak az egyre nagyobb arányban hulladékba kerülő számítógépekre, elektromos berendezésekre. Ezek még sokszor évekig működőképesek lennének, de a felgyorsuló életünkben hátrányba kerülnének, ha nem váltanánk újra. A számítógépek mellett például a fényképezőgépek és a mobiltelefonok sorsa mutatja leginkább a változást. A hagyományos fényképezőgépek néhány év alatt „eltűntek”, majd a digitális fényképezők használatát is háttérbe szorította a „mindentudó” okostelefon. (Közben persze a fényképezés és telefonálás társadalmi szerepe is gyökeresen átalakult.) A használatból kikerült még működőképes eszközök műszakilag megfelelő kiegészítői ugyanúgy a hulladékba kerültek. A multinacionális cégek persze rá is játszanak erre. Vajon mi indokolja azt, hogy például egy telefon vagy kamera évente megjelenő újabb típusai más-más töltővel vagy akkumulátorral működjenek, vagy szükség van-e legalább százféle mobiltelefonra?

## 19.2. A környezetünk kiárusítása

Hosszú évezredek során az emberiség szabadon használta a Föld erőforrásait – ami nem sokkal jelentett többet, mint az élelem megszerzését (vadászat, halászat, gyűjtögetés). Az ipari forradalomig a környezethasználat lényegében csak a felszínen látható környezeti elemeket érintette, és néhány kivételtől (erdőirtás, kőbányászat) eltekintve jelentősebb kárt nem okozott.

A bányászati tevékenységek terjedése már új szintre emelte a környezethasználatot, és ezzel egy szinte kontrollálatlan rablógazdálkodás kezdődött a környezeti javak-

kal. Miközben a kapitalizmusban szinte mindennek ára van, a környezethasználat nem épült be a költségek közé. Sem a nyersanyagok kitermelése során okozott károk (felszín alatti vízbázisok sérülése, alábányászás okozta felszíni roskadások, meddőhányók), sem a termelés során jelentkező szennyezések (levegő, víz, hulladékok) következményeit nem „dollárosították”. A koncessziós díjaknak, vagy az adószerű állami terheknek (pl. bányajáradék) semmi köze nincs a valós környezeti károkhoz, csak jogalapot szolgáltatnak a javak kitermeléséhez. Így azután alig tévedünk sokat, ha kijelentjük, az utóbbi másfél évszázadban a környezeti értékeink kiárusítása zajlott, és ez folytatódik napjainkban is.

Az eltérő gazdasági fejlettségnek és az ezzel részben összefüggő környezetvédelmi szabályozásoknak szintén a környezetünk látja kárát. A szegényebb országokba telepített szennyező termékek gyártása komoly környezeti károkhoz, katasztrófákhoz vezetett (közülük a leghíresebb Bhopal vegyi katasztrófája). De utaltunk már korábban a veszélyes hulladékok exportjára is.

A Föld felületének nagyobb részét a világóceán borítja, a gazdasági zónákon kívül gyakorlatilag nincs gazdája. Aki teheti, bekapcsolódik a világóceán erőforrásaiért való versengésbe (halászás, nyersanyagok bányászata). Aki tudja, használja (például nemzetközi hajózás), esetenként kihasználja (túlhalászás vagy az atomhulladékok korábbi lerakása), de állapotáért nem érez igazi felelősséget, csak addig a szintig, ameddig érdeke kívánja. Ki fogja például felvállalni az ott felhalmozódott sok hulladék összegyűjtését? Piaci alapon ennek összegyűjtése alig remélhető. Talán megvárjuk, hogy a Nap elvégezze a dolgát és a rengeteg műanyag mikroműanyagra darabolódjon – igaz így csak a szemünk előtt tűnik el, de szennyezésként a vízben marad.

A Stockholmi Konferencia „Emberi környezetről” szóló nyilatkozatának 1. pontja (de sok állam alkotmánya is) kimondja: „az embernek alapvető joga van a szabadsághoz, egyenlőséghez és a megfelelő életfeltételekhez egy olyan minőségű környezetben, amely emberhez méltó és egészséges életre ad lehetőséget...” Mégis előfordulhatott, hogy amikor 2000-ben Bolívia 4. legnagyobb városának, Cochabambának a vízellátását biztosító vállalatot privatizálták, nemcsak a vízdíjak emelkedtek többszörösére, de a víz részeként a csapadékot is eladták.<sup>34</sup> (A lakosság kormányzattal folytatott több hónapos „vízháborúja” komoly összetűzések és egy diák halála után sikeres volt.) Ez volt az első kirívó példája a közös természeti javak hátrányos kiárusításának. Az utóbbi években a Nestlé észak-amerikai vízprivatizációs törekvései váltottak ki nagy felháborodást. Itt a „közjólétre” hivatkozva próbálják privatizálni az ivóvízkészleteket.<sup>35</sup> A víz után talán majd legközelebb már a levegő következik? Véges, kimerülő erőforrásoknál mi fog dönteni azok birtoklásáról?

<sup>34</sup> <https://web.archive.org/web/20070929151555/http://www.waterobservatory.org/library.cfm?refID=33711>

<sup>35</sup> Lásd pl. <https://www.theguardian.com/environment/2019/oct/29/the-fight-over-water-how-nestle-dries-up-us-creeks-to-sell-water-in-plastic-bottles>

### 19.3. A profit fogságában

Napjaink világát a pénz mozgatja. Ez igaz az egyének növekvő fogyasztási vágyától (ennek csak a pénztárcája/bankkártyája/hitelkártyája szab határt) a multinacionális cégek profithajszolásáig. Ha megnézzük egy-egy termék valós önköltségét és a fogyasztói árakat, óriási különbségeket találhatunk. A kőolaj árának „hullámvasútja” a profitmaximalizálás jó példája.

Ha elgondolkodunk azon, ki/mi tehetne leghatékonyabb lépéseket a környezeti válságok leküzdéséért, akkor legtöbbször a gazdaság juthat eszünkbe. Donella Meadows korábban bemutatott esszéjének egy fontos gondolatát nem lenne szabad soha elfelednünk. Ebben a Földanya az emberre vonatkozóan megjegyzi: „A pénz az ő jelképük. Feltaláltak egy játékot, amelyben a pénz biztosítja a hatalmat valami felett. A pénzükön mindent és mindenkit meg tudnak vásárolni, de nem tudnak megvenni egy napfényes napot, egy tiszta folyót, vagy egy csak 270 ppm széndioxidot tartalmazó légkört.”

Vitathatatlan az is, hogy a gazdaság is szembesül a környezeti problémákkal, és vannak törekvések ezek leküzdésére is. A kapitalista gazdaságban azonban ennek korlátot szab a profit. A 2008-ban egekbe szökő olajár jelentős fejlesztéseket indított el a megújuló energiák terén, amelyek az olajár gyors csökkenésével éppen a gazdaságtól kaptak komoly pofont – több ilyen vállalkozást csődbe sodorva. Az is sejthető, hogy számos esetben a vállalatok környezettudatossága a PR része, amivel a piaci helyzetük javítása a cél. Egy látványos példája lehet ennek a gépkocsigyártást elérő dízel-botrány. Nem a kevesebb károsanyag-kibocsátás volt a fontos, hanem annak látszata. Vélhetően ennél sokkal nagyobb összeesküvések részesei vagyunk a gyógyszeriparban. Az egészségügy látványos eredményeit biztosító új gyógyszerek mellett sikerült az emberiség jelentős részét gyógyszerfüggővé tenni, ami nemcsak a gyógyszerek későbbi hatékonyságát rontja, de ma még alig megbecsülhető hosszú távú károkat is okozhat.

Az említett néhány példa alapján jogosan merül fel a kérdés, hogy vajon a környezetünk érdekében tett leghatékonyabb lépések mennyiben kereshetők a profit világában. Nem egyszerű választ adni erre a kérdésre, talán nem is létezik egyértelmű válasz. Mindeközben az azonban nyilvánvalónak tűnik, hogy *a gyors és hatékony lépések inkább hatalmi úton érhetők el a környezetvédelemben*. Jól jelzik ezt az utóbbi évtizedben, rövid idő alatt megtett hatékony és látványos kínai környezetvédelmi intézkedések, például az erdősítés, a hulladékhasznosítás és a légszennyezés visszaszorítása terén.

## 20. Hol is tartunk most?

Az ENSZ Környezeti Programja (UNEP) a 2012-ben közzreadott ötödik átfogó jelentéséhez (Global Environmental Outlook – GEO-5) készített egy rövid áttekintő értékelést a globális és regionális környezetvédelmi problémák megoldására tett intézkedések eredményességéről. Sajnos a megállapításokat bemutató 20.1. ábra kevés érdemi sikerről tud beszámolni, míg a problémák többségénél alig van érdemi előrelépés. A gondok felismerésén túl kevés az érdemi cselekvés, az országok megosztottak, gyakran ellenérdekeltek egy-egy kérdésben.



20.1. ábra. A környezeti problémák érdekében tett intézkedések minősítése a Földön (UNEP 2012).

Az összegző értékelés óta eltelt szűk évtizedben továbbra sem történt jelentős előrelépés. Így ha megpróbálunk az előző fejezetekben bemutatottakra alapozva egy rövid összegzést adni, akkor a részsikerek mellett túl sok optimizmusra nincs okunk.

a) Az *emberiség* környezetre gyakorolt hatásával átalakította a Földet. Bolygónk lakosságának és az általa szabályozott nagytetű állatvilágnak (háziállatok) súlya napjainkra már a vadon élő (nagytetű) állatvilágnak tízszerese. Az ember az utóbbi

évszázadok során tevékenységével döntő tényező, az élővilág biodiverzitásának legfőbb alakítója lett. Fajok ezrei pusztultak ki tevékenysége következtében, kiszorította azokat élőhelyeiről és a maga érdekében használja/kihasználja azokat.

b) Van egy *véges adottságokkal rendelkező bolygónk*, ahol egy *gyorsan szaporodó népesség növekvő fogyasztását* kellene kielégíteni. A népességnövekedés mértékének csökkenése érdekében tett intézkedések ugyan globálisan hatékonynak tűnnek, ugyanakkor lassúak, és az életfeltételek javulása miatt még hosszú ideig az előző mondat állítása érvényben marad. Kína példája mutatja, hogy az egygyermekes családmódel ellenére a népességnövekedés még évtizedekig folytatódik.

c) Nagyon sok környezeti problémát ismerünk, de – elég jól meghatározható érdekkörök miatt – *próbáljuk* azokat, vagy azokban *az ember szerepét alulbecsülni*. Erre a legjobb példa a CO<sub>2</sub> kibocsátások és a klímaváltozás kapcsolata. Miközben a kérdésben általános nemzetközi konszenzus alakult ki, azt vezető politikusok (és alternatív műhelyeik) egyszer csak megkérdőjelezték, pedig a készülő megállapodásokhoz saját országuk jól felkészült kutatási intézetei, programjai szolgáltatják az adatokat. Legtöbb esetben a problémákra a tudomány és a műszaki szféra már megoldásokat is mutatott, azonban ezek a profitorientált világban csak állami támogatásokkal lennének megvalósíthatóak.

d) Földünk környezetének védelme érdekében született néhány *sikeres nemzetközi egyezmény* – igaz sokszor ezek inkább a már elkövetett emberi beavatkozások következményeinek korrigálására szolgáltak. Ezek közül az „ózon egyezmény” lehet a legjobb példa: gyorsan megszületett, átfogó konszenzussal, a károsítók termelésének, kibocsátásának hatékony visszaszorításával. Az is látszik, minél átfogóbb az egyezmény, és minél inkább érinti a gazdaságot, annál nehezebb a konszenzus. Bár mindenkit érint (igaz eltérő mértékben), az „éghajlat-változási keretegyezmény” példája mutatja, a közös érdek kevés a sikerhez, ha vannak ellene komolyabb lokális érdekek. Az olaj áremelkedése nyomán gazdaságossá váló (de nagyon környezetszennyező) palagáz kitermelése miatt Kanada kilépett a Kiotói jegyzőkönyvből. Egyes halfajok túlhalászata halászati tilalmakhoz vezetett – kis túlzással: mást már úgy sem tehettek az érintettek, így elfogadták azokat. A regionális egyezményekben a siker legfontosabb záloga a közös érdek. Ha azonban az érdekek ellentétesek, nehéz a közös hangot megtalálni. A több országot átszelő folyók vízhasználata jól mutatja ezt.

e) Az utóbbi két évtizedben *a tudományos megismerés előre*, a gyakorlati *környezetpolitika* sokszor inkább *visszafelé lépegetett*, van egyfajta „fogjuk meg és vigyék” hozzáállás. Erre az átfogó környezetvédelmi világkonferenciák adják a példát. Ami 1992-ben Rióban elindult, az a következő két nagy rendezvényen érdemi döntések hiányában kiüresedett. A későbbi konferenciákhoz összeállított háttéranyagok részletesebbek, megalapozottabbak, ugyanakkor a rendezvényeken megjelenő elsőszámú vezetők száma folyamatosan csökkenő volt (főként a legerősebb gazdaságú országok részéről) – ami már előzetesen is mutatta, esély sincs kompromisszumokat

kötni (ha nincs felelős döntéshozó). Az átfogó konferenciák és az éghajlat-változási konferenciák esetében is a legnagyobb „siker”, hogy megállapodtak a „folytatásról”, azaz oly mértékben azért nem vesztek össze, hogy még ezt is kizárják.

f) *Egyre kevesebb az idő, rossz a fékünk és a reakció időnk, miközben a szakadék felé rohanunk.* Már az 1970-es években, a Meadows modellben felhívták a figyelmet arra, hogy nem elegendő cselekedni, a késlekedés a sikerességet kétséggé teheti. Ma is tapasztalhatjuk, hogy hiába történt meg azonnal az ózonkárosító anyagok termelésének visszaszorítása, majd betiltása, mégis negyedszázaddal később is az ózonlyuk mérete majd minden évben 20 millió km<sup>2</sup>-nél nagyobbra nő a déli sarkvidéken (a biztató csak az lehet, hogy már nem a 30 millió km<sup>2</sup>-t közelíti).

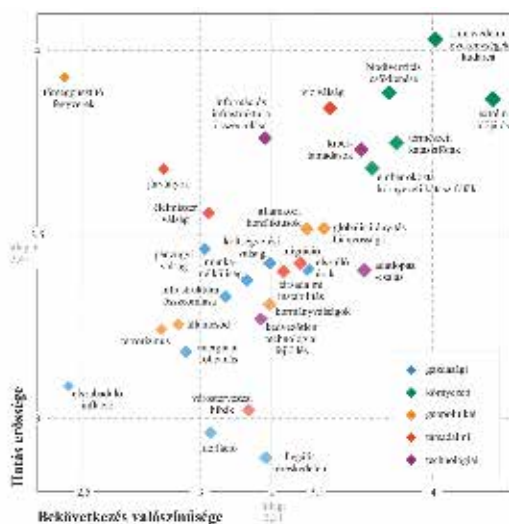
A tudósok többsége számára nyilvánvaló, hogy a globális melegedés elleni küzdelem kulcskérdése az üvegházgázok, de elsősorban a CO<sub>2</sub> kibocsátások csökkentése. Lényeges lépések helyett már több mint húsz év óta a politika segíti a gazdaság „időhúzását” – ahogy ezt a Kiotói Jegyzőkönyv igen vékony eredményei bizonyították. A Párizsi Jegyzőkönyv – a világ politikusainak közös felelősségével (?) meghozott – újabb időhúzás. Az önkéntes alapú, felelősség nélküli kibocsátás-csökkentések hatékonysága erősen kétséges. Számomra ennek betetőzése az 1,5 °C-os cél megfogalmazása volt. Amikor az látszott, hogy az (iparosodás előtti időszakhoz viszonyított) 2 °C-os hőmérsékletemelkedés megelőzése is alig remélhető, akkor miért hintünk port az emberek és saját magunk szemébe? Egy analógia jutott eszembe: egy sportoló nem attól lesz sikeres, hogy a világcúcs elérését tűzi ki magának, hanem attól, hogy komolyan tesz (edz) annak érdekében. Szeretnék rossz jós lenni, de úgy látom, hogy ez a globális látszatcselekvés a reálisan megfogalmazott célok elérését is elérhetetlenné teszik. Az igazság persze az, hogy az akár a 2-3-4 °C-os globális hőmérsékletnövekedés sem veszélyezteti az emberiség létét – csak kevesebb ember eltarását teszi lehetővé a Földön (a jelenlegi életvitelünkkel).

g) Számos környezeti *erőforrásunkat túlhasználjuk*, nyersanyagaink végesek, egyre költségesebb kitermelni azokat – közben forrásaink jelentős részét fegyverkezésre fordítjuk. A hidegháború befejezését követő néhány csendesebb évtized után kezd kibontakozni egy hárompólusú erőpolitika. Ne legyenek illúzióink, mihez kell a katonai erő. Ha a helyzet úgy kívánja, jönni fog az *erőpolitika*. Ennek kapcsán egy sok országban ismert gyermekjáték, a „székfoglaló” jutott eszembe.

Az alapjáték szerint egy terem közepén helyezünk el a játéka jelentkezők számánál eggyel kevesebb széket. A játékosok a székek körül folyamatosan körbe járnak (táncolnak), és egy külső jelle gyorsan leülnek a székekre. Akinek nem jut szék, kiesik, majd egy széket kivesznek, és a játék így folytatódik az utolsó székig. A győztes az, aki az utolsó székre is rá tud ülni.<sup>36</sup> Ebben a játékban előbb csináljunk egy módosí-

<sup>36</sup> Egy gyermek és egy felnőt看 által játszott játékot megtalálhatunk: <https://www.youtube.com/watch?v=wZ3LZTT-FIY> és [https://www.youtube.com/watch?v=uMnb-6\\_psbQ](https://www.youtube.com/watch?v=uMnb-6_psbQ)

tást: legyen tizzel több szék, mint ahány játékos. Ekkor az első 11 játékban (amíg nem lesz kevesebb a szék, mint a játékos) senki nem esik ki. Ilyen volt a Földünk az elmúlt évszázadokban: több volt az erőforrásunk, mint amire adott népességszám mellett szükségünk volt. És akkor módosítsunk még egyet a játékszabályon: nem azé a szék, aki először leül rá, hanem aki meg tudja azt szerezni. Azaz hiába ügyesebb, gyorsabb egy öt éves óvoda, semmi esélye a százkilós, izmos biztonsági őrral szemben. És indulhat a játék. Ebbe az irányba halad bolygónk a csökkenő erőforrások esetén. Így nyerhet valós tartalmat az előző bekezdésben említett erőpolitika. És, hogy a helyzet kissé bonyolultabb legyen, több atomhatalom van, mint szuperhatalom.



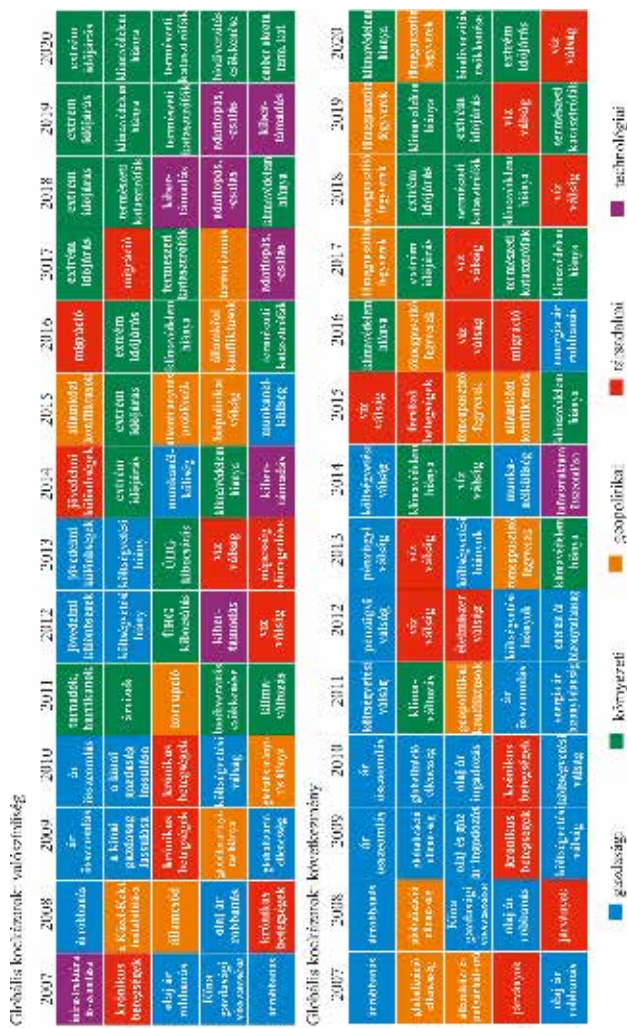
20.2. ábra. Az emberiséget leginkább fenyegető globális kockázatok valószínűsége és várható hatása 2020-ban<sup>37</sup> (Forrás: WEF 2019—2020)

Az előzőekben bemutatott rövid értékelés talán érzékelteti, hogy az emberiségnek számos, a létét komolyan veszélyeztető környezeti veszéllyel és sok további, azokból fakadó társadalmi-gazdasági kockázattal kell szembe néznie. Ezek fontossági sorrendje ugyan időnként változhat, de valamennyi reális fenyegetés. Az évente Davosban megszervezésre kerülő Világazdasági Fórum a bolygónk gazdasági és politikai

<sup>37</sup> A kockázatok valószínűségét illetve esetleges következményeit 1-től 5-ig terjedő skálán értékeli.



vezetőinek fontos találkozója. A 2020. január végén rendezett ötvenedik Fórumra egy átfogó értékelés készült a legégetőbb problémákról. Ebben az utóbbi 14 évre összegzik az adott évben legfontosabbnak tartott veszélyeket és kockázatokat (20.2. és 20.3. ábra).



20.3. ábra. Az emberiséget fenyegető öt legfontosabbnak ítélt globális veszély és kockázat az utóbbi másfél évtizedben (Forrás: WEF 2019–2020)



Ha a kiadványban található részletes ábrára akár csak felületesen is rápillantunk, már akkor is több dolog feltűnik. Amíg korábban a gazdasági kérdéseket tartották a leginkább problémásnak (a veszélyek és a kockázatok között is), mellettük geopolitikai kérdések és a társadalmi problémák közül az egészségügy jelent meg, addig később egyre nagyobb szerepe van a környezeti problémáknak. A környezeti kérdések érdemben először 2011-ben kerültek a lista első öt helyére, de 2020-ban már ezek dominálnak. Sőt, az első öt legvalószínűbben bekövetkező kockázati tényezőtől mind az öt, a legnagyobb hatású kockázatokból pedig négy az éghajlatváltozással van összefüggésben. Az utóbbi években rendszeresen veszélyeztető tényezőként megjelenik a számítógépes bűnözés valamilyen formája. Megfigyelhető az is, hogy az elemzők egyre nagyobb geopolitikai kockázattal számolnak: a tömegpusztító fegyverek ügyének előtérbe kerülése pedig az általunk imént felvetett erőpolitika erőteljesebb megjelenését jelentheti.



## UTÓSZÓ



## Csomagoljunk, vagy maradjunk?

A legfontosabbnak tartott globális problémákat összegezve, talán egy fontos kérdésre kellene választ adnunk. Megfogadjuk-e Stephen Hawking javaslatát, és az emberiség túlélése érdekében száz éven belül kezdünk hozzá más bolygó benépesítéséhez?

Az az ütem, amilyen mértékben az emberiség a Földünk erőforrásait feléli, riasztó, pláne ha megpróbáljuk azt a jövőre is kiterjeszteni. Miközben az emberiség egyik fele kényelmes körülmények között nem is gondol arra, hogy helyzetének milyen ára van, tízmilliók környezeti menekültként indulnak „világot látni”, százmilliók éheznek (legfőbb gondjuk a napi élelem megszerzése), néhány milliárd pedig az emberhez méltó élet reményéért küzd. Akármelyik csoportot is nézzük, alig van olyan, aki a címben feltett kérdéssel foglalkozna. Az emberek többségének fogalma sincs érdemben arról – amit az előző fejezetekben megkíséreltük bemutatni –, hogy több területen is krízishelyzethez közeledünk. Ez pedig előbb-utóbb szinte mindenkit érinteni fog.

Az emberi tudás számos területen megoldást kínálhat a problémákra. Bizonyítja ezt, hogy a fél évszázada még kritikusnak ítélt világelelmzés gondja nemcsak megoldódott, de még számos tartalékot rejtget. Ha nem dobjuk ki a megtermelt élelmiszereink egy részét, később pedig a pazarló húsfelhasználás helyett egyre nagyobb arányban növényi táplálékra térünk át, akkor még több embert is el tud látni Földünk táplálékkal.

Az emberiség képes lehet a megújuló energiák sokkal nagyobb arányú hasznosítására, igaz nagy méretekben meg kell oldani még azok raktározását (az egyenetlen termelés miatt).

A fejlett országok már a gyakorlatban bizonyították, hogy a gyarapodó hulladékok hatékony társadalmi hozzáállással nyersanyagként is sikeresen hasznosíthatók.

Számos nyersanyagunk készletei kimerülőben vannak. Igaz, ezek az elmúlt évtizedekben a felfedezésekkel mindig gyarapodtak, de ez nem megy örökké. A világtenger itt segítségünkre lehet, hiszen mélye sok nyersanyagot rejt. De még azt sem tudjuk, hogy mi lesz a jövő újabb fontos ércé.

Az édesvizek egyenlőtlen eloszlása miatt Földünk jelentős részén a vízkrízis egyre fokozódik. Teljesen új típusú vízhasználatokra lesz szükség. Ez elkezdődött a tengervíz sóatlanításával. De mi lesz azokkal, akiknek még a sós víz sem áll rendelkezésükre? A jelenleg tapasztalható klímaváltozás hatását ma még sokan lebecsülik (bár a „csapból is az folyik”), és próbálják abban az ember szerepét alulértékelni, az azzal kapcsolatos teendőket pedig halogatni.

A fentiek alapján próbálhatjuk magunkat egy biztató jövőképpel ámítani, a helyzet azonban nem látszik annyira kedvezőnek. Emlékezzünk vissza a 3. fejezetben bemutatottakra! Az 1970-es évek elején a Meadows-féle három fő modellszoport közül kettő is komoly krízist jelzett a 21. század közepére, a népesség nagyarányú csökkenésével (és ennek mértéke nem a természetes halálózásra utalt), a harmadik pedig a szinte min-

denkinek népszerűtlen „0” gazdasági növekedést kínálta „túlélési” alternatívaként. Egy 2018. közepén közreadott friss kutatás teljesen más kutatási logikával – exobolygókra végzett matematikai modellek kiterjesztésével – a Meadows modell eredményére jutott<sup>38</sup>. A kutatás lényegére utaló beszámolók címeit alig szükséges magyarázni: „*Idegen apokalipszis: van civilizáció, amelyik meg tudja változtatni a klímaváltozást?*”<sup>39</sup>, „*Világvége. Az emberiség 70%-a meg fog halni a végzetnapja forgatókönyv esetén*”<sup>40</sup>.

Akkor most gondolkodjunk el komolyan – Hawking javaslatára – a bolygónk elhagyásán? Számos sci-fi foglalkozott már a világűr meghódításával. Nem kell nagy jósnak lenni, hogy ez az emberiség egészének nem jelent megoldást. Arra sincs elegendő erőforrásunk, hogy néhány tíz- (száz) ezer embert útnak indítsunk. Az érzézés pedig (még akár a Földünk iktertestvérén is) az élelmezésen túl megoldhatatlan problémák sorát hozná. Még egy agyonszennyezett, kizsigerelt Földön is könnyebb lenne az új-rakezdés, mint egy ismeretlen bolygón néhány tucat embernek. Az ember uralma alá hajtotta az élővilágot, és eljutott oda, hogy a természet erői mellett saját maga veszélyezteti leginkább jövőjét. Láthattuk, hogy a globális környezeti problémák csak a társadalmi-gazdasági folyamatokkal együtt kezelhetők eredményesen. Az egyes területeken jelentkező szélsőségek (terrorizmus, háborúk) hatalmas energiákat vonnak el a környezeti problémák megoldásától. A kötetben bemutatott példák, nemcsak a környezeti felelősségünket mutatták meg, de az emberi tudás erejét is. Az emberiség jövőjének alapkérdése, hogy ezt a tudást a globális gondok megoldására mikor és hogyan lehet mozgósítani. Kérdés az is, hogy a nagyhatalmak erkölcsi felelőssége nagyobb lesz-e kényszer nélkül is a globális ügyek iránt, mint hatalmi vágyuk?

Egy ismeretlen idegen bolygóval szemben igaz, hogy erőforrásaink korlátozottak, de van sokszínű tudásunk, elegendő létszámú ember és vannak eszközeink is. Amiből még kevés van: hatékony, cselekvéssel párosuló bölcs előrelátás és összefogás. Addig kellene cselekedni, amíg nem lesz késő!

<sup>38</sup> Itt jegyezzük meg, hogy a Meadows-modell készítésekor még a klímaváltozás ténye érdemben nem merült fel.

<sup>39</sup> <http://www.rochester.edu/newscenter/astrobiology-alien-apocalypse-can-any-civilization-make-it-through-climate-change-322232/>

<sup>40</sup> <https://www.express.co.uk/news/science/968076/End-of-the-world-doomsday-science-news-climate-change-cataclysm>



## **FELHASZNÁLT IRODALOM**



- Abasha, M. 2013: Atlas of Jordan. <https://books.openedition.org/ifpo/4560>
- Aghakouchak, A. et al 2015: Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: Call for action. *Journal of Great Lakes Researches*. 41. 307–311.
- AirVisual: 2018 World Air Quality Report - Region & City PM2.5 Ranking.
- Alfthan, B., 2016: Waste Management Outlook for Mountain Regions – Sources and Solutions.
- Allan, J. A. – Malkavi, H. A. – Tsur, Y. 2012: Red Sea–Dead Sea Water Conveyance Study Program. [http://siteresources.worldbank.org/INTREDSEADEADSEA/Resources/Study\\_of\\_Alternatives\\_Report\\_EN.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTREDSEADEADSEA/Resources/Study_of_Alternatives_Report_EN.pdf)
- Alverson, K. D. – Bradley, R. S. – Pedersen, T. F. (szerk.) 2002: Paleoclimate, Global Change and the Future – IGBP Series.
- ÁSZ 2020: Állami Számvevőszék: Az export/import szerkezetének és volumenének változása, hatása a GDP változására – Elemzés EL-2835-009/2020, 2020. december [https://www.asz.hu/storage/files/files/elemzesek/2020/export\\_import\\_gdp\\_20201221.pdf?download=true](https://www.asz.hu/storage/files/files/elemzesek/2020/export_import_gdp_20201221.pdf?download=true)
- Aszódi A. 2007: Atomerőművek a villamosenergia-termelésben. Magyar Tudomány, 2007. 1. 11–18. <http://epa.oszk.hu/00600/00691/00037/pdf/011-018.pdf>
- Bak A. – Balla S. – Berencei R. – Domokos Gy-né – Szilágyi P. 1981: Magyarország az űrből.
- Barna Gy. 2011: Tájváltozás vizsgálata a Szabadkígyósi pusztán. In: Rakonczai J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba. 345–354
- Benedek Sz. 2014: Mütrágyadózisok az intenzív növénytermesztésben. *Agronapló* 2014. 4. 85–91.
- Bottazzi, G. 2016: Short Report on Oil Price History.
- BP 2018: Statistical Review of World Energy 2018.
- Breitbart et al. 2018: Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*. Vol. 359, Issue 6371
- Broecker, W. S. 1997: Will Our Ride into the Greenhouse Future be a Smooth One? – *GSA Today* 5. 1–7.
- Bryant, D. et al 1997: The Last Frontier Forests: Ecosystems and Economies on the Edge.
- Butler, T. (szerk.) 2015: Overdevelopment, Overpopulation, Overshoot
- Carn, S. 2015: Multi-Satellite Volcanic Sulfur Dioxide L4 Long-Term Global Database V2, Greenbelt.
- Carson, R. 1962: Silent Spring. (Magyar nyelven: Néma tavasz. 1994)
- Claire L. Parkinson, C. L. 2019: A 40-y record reveals gradual Antarctic sea ice increases followed by decreases at rates far exceeding the rates seen in the Arctic. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1906556116](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1906556116)



- Csorvási A. – Illy T. – Sábitz J. – Szabó P. – Szépszó G. – Zsebeházi G. 2016: A jövőre vonatkozó projekciók eredményeinek együttes kiértékelése, bizonytalanságok számszerűsítése. OMSZ. 51.
- Dai, A. 2011: Drought under global warming: a review. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2: 45–65. doi: 10.1002/wcc.81
- Deák, J. Á. 2011: A növényzet tájléptékű változásai a Kiskunság délkeleti részén. In: Rakonczai J. (szerk.): *Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány Kötetei*. 7. Békéscsaba. 327–338.
- EEA 2019: Air quality in Europe – 2019 report. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2019>
- EIU 2017: Water security threats demand new collaborations. Lessons from the Mekong River Basin. <https://www.ccacoalition.org/en/resources/water-security-threats-demand-new-collaborations-lessons-mekong-river-basin>
- Elhance, A. 1999: *Hydropolitics in the Third World. Conflict and cooperation in international river basins*.
- Energiaklub 2016: *Zöld Magyarország Energia Útiterv. Zöld Műhely Alapítvány, Budapest, 2016*. <https://energiaklub.hu/files/study/zoldmagyarorszag.pdf>
- ESPON 2014: ESPON\_T2050: Territorial Scenarios and Visions for Europe: Territorial Scenarios and Visions for Central and Eastern Europe, June 2014. Report number: Vol 8\_Final Report\_ESPON & MCRIT LTD, 2014. Affiliation: HAS Research Centre for Economic and Regional Studies, Insitute for Regional Studies, HUNGARY, DOI: 10.13140/2.1.4639.0564
- European Environment Agency 1995: *Europe's Environment – Copenhagen*.
- Fahey, D. W. – Hegglin, M. I. 2010: Twenty Questions and Answers About the Ozone Layer.
- FAO 2005, 2010, 2015, 2020: *The Global Forest Resources Assessment*. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- FAO 2015: *Status of the World's Soil Resources*.
- FAO 2017: *The state of food insecurity and nutrition in the World*.
- FAO 2018: *The State of the World's Forests 2018*.
- Faragó, T. 2016: The anthropogenic climate change hazard: role of precedents and the increasing science-policy gap. *Időjárás. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. 1–40. <https://www.met.hu/en/ismeret-tar/kiadvanyok/idojaras/index.php?id=465>
- Faragó T. 2018: Nemzetközi klímátárgyalások: hol tart a három évtizednyi folyamat? *Körfor-gásos gazdaság és környezetvédelem*, 2:4, 22–28. <http://real.mtak.hu/93060/1/Klimatargyalasok-CEEP2018.pdf>
- Farajzadeh, J. – Fard, A. F. – Lotfi, S. 2014: Modelling of monthly rainfall and runoff of Urmia lake basin using “feed-forward neural network” and “time series analysis” model. *Water Resources and Indusrtiry*. 7–8. 38–48.

- Farkas, J. Zs – Hoyk, E. – Rakonczai, J. 2017: Geographical analysis of climate vulnerability at a regional scale: the case of the Southern Great Plain in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin* 2. 129–144. [http://www.mtafk.hu/konyvtar/hungeobull\\_66\\_2\\_3\\_en.html](http://www.mtafk.hu/konyvtar/hungeobull_66_2_3_en.html)
- Fehér, Z. Zs. – Rakonczai, J. 2019: Analysing the sensitivity of Hungarian landscapes based on climate change induced shallow groundwater fluctuation. *Hungarian Geographical Bulletin* 4. 355–372. <https://ojs3.mtak.hu/index.php/hungeobull/article/view/1496>
- Fiala K. – Blanka V. – Ladányi Zs. – Szilassi P. – Benyhe B. – Dolinj D. – Pálfi I. 2014: Drought severity and its effect on agricultural production in the Hungarian-Serbian cross-border area. *Journal of Environmental Geography* 7:(3–4) 43–51.
- Fisher, J. 2014: Global Agriculture Trends: Are We Actually Using Less Land? *Cool Green Science*.
- Frank, A. 2018: *Light of the Stars: Alien Worlds and the Fate of the Earth*.
- Freeman, S. 2017: The world is running out of sand – and you'd be surprised how significant that is. *Financialpost*. Sept. 1.
- Fu, G. – Chen, S. – Liu, Ch. 2004: Water Crisis in the Huang Ho (Yellow) River: Facts, Reasons, Impacts, and Countermeasures. – *Riversymposium*
- Global Carbon Project. 2017, 2019, 2020: Global Carbon Budget 2017, 2019, 2020 <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/index.htm>
- Gore, A. 2006: *An Inconvenient Truth*. (Magyarul: Kellemtelen igazság 2006)
- Goudie, A. 1990: *The human impact on the natural environment*.
- GRID-Arendal 2014: *State of the rainforest 2014*.
- Gyura G. 2019: A gazdasági növekedés ökológiai következményei. In: MNB – Virág B. (szerk.): *A jövő fenntartható közgazdaságtana*. Magyar Nemzeti Bank. 55–62.
- Hansen, J. – Sato, M. – Russell, G. – Kharecha, P. 2013: Climate sensitivity, sea level and atmospheric carbon dioxide. *Philosophical Transactions of RS*
- Harari, Y. N. 2015: *Homo Deus: A Brief History of Tomorrow*. (Magyarul: Homo Deus. A holnap rövid története. 2017)
- Heinberg, R. 2018: New U.S. Record-Level Oil Production! Peak Oil Theory Disproven! *Not. Resilience*
- Helldén, U. 1978: Evaluation of Landsat-2 imagery for desertification studies in Northern Kordofan, Sudan.
- IEA 2016: *Energy and air pollution. World Energy Outlook 2016 Special Report*.
- IEA 2017: *Key world energy statistics*.
- IEA 2017: *World Energy Outlook 2017*
- IMF 2018: *World economic outlook*.
- IOM 2017: *World Migration Report 2018*. [https://publications.iom.int/system/files/pdf/wmr\\_2018\\_en.pdf](https://publications.iom.int/system/files/pdf/wmr_2018_en.pdf)
- IPCC Synthesis Reports 1990, 1995, 2001, 2007, 2014.

- Jos G.J. Olivier, J.G.J. – Peters, J. A.H.W. 2018: Trends in global CO<sub>2</sub> and total greenhouse gas emissions: 2018 Report. <https://www.pbl.nl/en/publications/trends-in-global-co2-and-totaal-greenhouse-gas-emissions-summary-of-the-2019-report>
- Kerekes, S. – Marjainé Szerényi Zs. – Kocsis T. 2018: Sustainability, environmental economics, welfare. In: Jeney, L. – Péti, M. – Salamin G. Corvinus Geographia, Geopolitica, Geoeconomia Book series of Institute of Economic Geography, Geoeconomy and Sustainable Development Corvinus University of Budapest
- Kerényi, A. – McIntosh, R. W. 2020: Sustainable Development in Changing Complex Earth Systems. Springer. 292.
- King, H. M. 2017: Rare Earth Elements and their Uses. Geology
- Kiss T. 2014: Fluviális folyamatok antropogén hatásra megváltozó dinamikája: egyensúly és érzékenység vizsgálata folyóvízi környezetben. MTA doktori értekezés. 163.
- Klekociuk, A. – Krummel, P. 2017: After 30 years of the Montreal Protocol, the ozone layer is gradually healing. The conversation.
- Kovács F. 2002: Közlekedéstan. Jegyzet. SZE, Győr.  
<https://ko.sze.hu/catdoc/list/cat/7086/id/7084/m/4974>
- Kovács F. 2013: Vizes élőhely változása a klímaváltozás ismeretében – térinformatikai esettanulmány a Felső-Kiskunsági tavak területén. In: Konkoly-Gyuró É. – Tirászi Á. – Nagy G. M. (szerk.) 2013: Tájékoztatás – Tájtervezés. V. Magyar Tájökológiai Konferencia. Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó. 127–134.
- Kovács, F. – Gulácsi, A. 2019. Spectral index-based monitoring (2000–2017) in lowland forests to evaluate the effects of climate change. *Geosciences* 9 (10). 411, <https://www.mdpi.com/2076-3263/9/10/411/htm>
- Kovács S. 2007: A 2006. március-május havi árhullám levonulása a Közép-Tiszán. A Magyar Hidrológiai. Társaság XXV. Vándorgyűlésének előadásai.
- Ladányi, Z. – Blanka, V. – Deák, J.Á. – Rakonczai, J. – Mezősi, G. 2016: Assessment of soil and vegetation changes due to hydrologically driven desalinization process in an alkaline wetland, Hungary. *Ecological Complexity* 1–10. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1476945X15001051>
- Ladányi, Zs. – Rakonczai, J. – Deák, J. Á. 2011: A Hungarian landscape under strong natural and human impact in the last century. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 6: 2. 35–44. <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Journal-of-Applied-Remote-Sensing/volume-5/issue-1/053519/Evaluation-of-precipitation-vegetation-interaction-on-a-climate-sensitive-landscape/10.1117/1.3576115.short?SSO=1>
- Laffoley, D. – Baxter, J. M. (szerk.) 2019: Ocean deoxygenation: Everyone's problem - Causes, impacts, consequences and solutions. Full report. Gland, Switzerland: IUCN. 580. <https://portals.iucn.org/library/node/48892>
- Lebreton et al 2018: Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumu-

- lating plastic. Scientific Reports Vol. 8, Article number: 4666
- Leggett, J. 2005: Half gone. (Magyarul: A fele elfogyott. 2008)
- Lovelock, J. 1979: Gaia. A new look at life on Earth.
- Matolcsy Gy. 2015: Egyensúly és növekedés. Konszolidáció és stabilizáció Magyarországon 2010–2014. Kairosz Kiadó.
- Mátyás, Cs. – Berki, I. – Czúcz, B. – Gálos, B. – Móricz, N. – Rasztovits, E. 2010: Future Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evolutionary Ecology, *Acta Sylvatica&Lignaria Hungarica*. 6. Sopron. 91–110.
- Meadows, D. 1997: Mother Gaia Reflects on the Global Climate Conference. The Global Citizen. <http://donellameadows.org/archives/mother-gaia-reflects-on-the-global-climate-conference/>
- Meadows, D. – Meadows, D. – Randers, J. – Behrens, W. 1972: Limits to growth.
- Meadows, D. – Randers, J. – Meadows, D. 2005: Limits to Growth – The 30 year update. (Magyarul: A növekedés határai – Harminc év múltán 2005)
- Meadows, D., – Richardson, J., – Bruckmann, G. 1982: Groping in the Dark: The First Decade of Global Modelling.
- Mezosi G. – Bata T. – Meyer B. – Blanka V. – Ladanyi Zs. 2014: Climate Change Impacts on Environmental Hazards on the Great Hungarian Plain, Carpathian Basin. *International Journal of Disaster Risk Science* (2) 136-146.
- Mezősi G. – Blanka V. – Ladányi Zs. – Bata T. – Urdea P. – Frank A. – Meyer B.C. 2016: Expected Mid- And Long-Term Changes In Drought Hazard For The South-Eastern Carpathian Basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, August 11: 2, 355–366.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.
- Miller, G. T. – Spoolman, S. E. 2012: Living in the Environment. 17th ed.
- Ministry of Natural Resources and Environment 2016: Scenario of climate change and sea level rise for Vietnam
- MNB 2018, 2019: Növekedési jelentés. 2018., 2019.
- NFFS 2019: Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács: A Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia harmadik előrehaladási jelentése 2017–2018, <https://www.nfft.hu/elorehaladasi-jelentes>
- NFFT 2013: Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács: Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia. <https://www.nfft.hu/nffs>
- NSKI 2020: Nemzetstratégiai Kutatóintézet: A globális járványhelyzet okozta gazdasági válság lehetséges makrogazdasági hatásai a Kárpát-medence és Közép-Európa egyes országában. Gyorsjelentés 1.0, Budapest, NSKI, 2020. július 31. [http://nemzetstrategiai-kutatointezet.hu/admin/data/file/20200731/jarvanyhelyzet\\_makrogazdasagi\\_hatasok\\_karpat-med.pdf](http://nemzetstrategiai-kutatointezet.hu/admin/data/file/20200731/jarvanyhelyzet_makrogazdasagi_hatasok_karpat-med.pdf)

- Moss, R.H. – Edmonds, K.A. – Hibbard, M.R. – Manning, S.K. – Rose, D.P. – van Vuuren, T.R. – Carter, S. – Emori, M. – Kainuma, T. – Kram, G.A. – Meehl, J.F.B. – Mitchell, N. – Nakicenovic, K. – Riahi, S.J. – Smith, R.J. – Stouffer, A.M. – Thomson, J.P. – Weyant, T.J. – Wilbanks, T.J. 2010: The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, 463, 747-756. <http://dx.doi.org/10.1038/nature08823>
- Moyer, M. – Storrs, C. 2010: How Much Is Left? The Limits of Earth's Resources. *Scientific American*.
- MWI 2019: Water Budget, 2018. Policies and Strategic Planning Directorate. Ministry of Water and Irrigation, Amman, Jordan. <http://www.mwi.gov.jo/sites/ar-jo/Documents/Water%20Budget%202018.pdf>
- NÉBIH 2015: Erdővagyon, Erdő- és Fagazdálkodás Magyarországon 2015
- NÉBIH 2017: Erdővagyon, Erdő- és Fagazdálkodás Magyarországon 2017 [https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/206281/erdovagyon\\_gazdalkodas\\_2015ben\\_HUN\\_jav.pdf](https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/206281/erdovagyon_gazdalkodas_2015ben_HUN_jav.pdf)
- NÉS 2018: A 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia. [https://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/N%C3%89S\\_Ogy%20%C3%A1ltal%20elfogadott.PDF](https://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/N%C3%89S_Ogy%20%C3%A1ltal%20elfogadott.PDF)
- OECD 2015: Drying Wells, Rising Stakes. Towards Sustainable Agricultural Groundwater Use.
- Olivry, J. C. et al 1996: *Hydrologie du lac Tchad*.
- OMSZ 2010: Országos Meteorológiai Szolgálat Klímamodellezési tevékenység, Eredmények. Numerikus Modellező és Éghajlat-dinamikai Osztály. [https://www.met.hu/doc/tevenyseg/klimamodellezes/Klimamodellezesi\\_eredmenyek\\_2010.pdf](https://www.met.hu/doc/tevenyseg/klimamodellezes/Klimamodellezesi_eredmenyek_2010.pdf)
- OVF 2019: Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási tervének második felülvizsgálata. Jelentős vízgazdálkodási kérdések. Vitaanyag. [http://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/01/JVK\\_vitaanyag\\_20191220.pdf](http://vizeink.hu/wp-content/uploads/2020/01/JVK_vitaanyag_20191220.pdf)
- Oxfam 2020: Time to care. <https://www.oxfam.org/en/research/time-care>
- Pálfai I. (szerk.) 1994: A Duna–Tisza közti hátság vízgazdálkodási problémái. A Nagyalföld Alapítvány kötetei 3. Békéscsaba
- Pálfai I. 2009: Az aszályok gyakorisága a Kárpát-medencében az utóbbi háromszáz évben. „Klíma-21” Füzetek: Klímaváltozás – Hatások – Válaszok, 57. 107–112.
- Péti M. 2011: A területi tervezés és fejlesztés a fenntarthatóság jegyében. Stratégiai környezeti vizsgálatok földrajzi szemlélettel, JATEPress, Szeged.
- Péti, M. 2012: A territorial understanding of sustainability in public development. *Environmental Impact Assessment Review* 1. 61–73.
- Péti M. 2017: Nem magyar nemzetiségű Kárpát-medencei áttelepülők Magyarországon. *Demográfia* 60. 1. 57–103. DOI: 10.21543/Dem.60.1.2
- Péti M. – Pakot L. – Megyesi Z. – Szabó B. 2020: A Kárpát-medencei magyarság

- népesség-előreszámítása, 2011–2051. Demográfia 63. 4. <https://www.demografia.hu/kiadvanyokonline/index.php/demografia/article/view/2797/2697>
- Pope Francis 2015: Encyclical letter *Laudato si'* of the Holy Father Francis on Care for Our Common Home.
- Rácz L. 2011: Éghajlati változások az Alföldön a honfoglalástól a 19. század végéig. In: Rakonczai J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány Kötetei. 7. Békéscsaba. 55–62.
- Rakonczai J. 2003: Globális környezeti problémák. Lazi Kiadó. Szeged.
- Rakonczai, J. 2008: Globális környezeti kihívásaink. Universitas Szeged Kiadó.
- Rakonczai J. (szerk.) 2011: Környezeti változások és az Alföld. Nagyalföld Alapítvány. Békéscsaba 396. <http://www.geo.u-szeged.hu/index.php/hu/2-uncategorised/114-korny-valt-alfold>
- Rakonczai, J. 2011: Effects and consequences of global climate change in the Carpathian Basin. In: Blanco, J; Kheradmand, H. (ed.): Climate Change – Geophysical Foundations and Ecological Effects. 297–322. <https://www.intechopen.com/books/climate-change-geophysical-foundations-and-ecological-effects/effects-and-consequences-of-global-climate-change-in-the-carpathian-basin>
- Rakonczai J. 2013: A klímaváltozás következményei a dél-alföldi tájon: A természeti földrajz változó szerepe és lehetőségei MTA doktori értekezés 167 p. [http://real-d.mtak.hu/612/7/RakonczaiJanos\\_doktori\\_mu.pdf](http://real-d.mtak.hu/612/7/RakonczaiJanos_doktori_mu.pdf)
- Rakonczai, J. 2018: Global and Geopolitical Environmental Challenges. <http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/3980/>
- Rakonczai, J. – Bozsó, G. – Margóczy, K. – Barna, Gy. – Pál-Molnár, E. 2008: Modification of salt-affected soils and their vegetation under the influence of climate change at the steppe of Szabadkígyós (Hungary). *Cereal Research Communications* 36 : Suppl. 5. 2047–2050.
- Rakonczai, J. – Kozák, P. 2011: The consequences of human impacts on Hungarian river basins. *Zeitschrift für Geomorphologie* 55 : Suppl. 1. 95–07.
- Rakonczai J. – Ladányi Zs. – Pál-Molnár E. (szerk.) 2012: Sokarcú klímaváltozás. Szeged, GeoLitera.
- Ritchie, H. – Roser, M. 2018: Obesity. Published online at OurWorldInData.org.
- Rodell, M. et al 2015: The Observed State of the Water Cycle in the Early Twenty-First Century. *Journal of Climate*. 28. 8289–8318.
- Roser, M. 2018: Life Expectancy; Fertility Rate – Published online at OurWorldInData.org.
- Rutten, M.G. 1962: The geological aspects of the origin of life on earth.
- Salameh, E. M. 2011: Water situation in Jordan; Challenges, Archivements and Future Prospects. Proceedings of ISNET/RJGC Workshop. Amman. 21–28. [https://www.researchgate.net/publication/275828228\\_Water\\_situation\\_in\\_Jordan\\_-Challenges\\_achievements\\_and\\_future\\_prospects-\\_In\\_Application\\_of\\_satellite\\_technolo](https://www.researchgate.net/publication/275828228_Water_situation_in_Jordan_-Challenges_achievements_and_future_prospects-_In_Application_of_satellite_technolo)

- gy\_in\_water\_resources\_management
- Salamín G. – Kígyóssy G. – Borbély M. – Tafferner B. – Szabó B. – Tipold F. – Péti M. 2014: Az Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Koncepció és a 2005-ös országos területfejlesztési koncepció érvényesítésének tapasztalatai. Falu Város Régió. 20. 1. 5–24.
- Saraf El Din, S. H. 1977: Effect of the Aswan High Dam on the Nile flood and on the estuarine and coastal circulation pattern along the Mediterranean Egyptian coast. *Limnology and Oceanography* 22. 194-207.
- SEI, IISD, ODI, Climate Analytics, CICERO, and UNEP 2019: The Production Gap: The discrepancy between countries' planned fossil fuel production and global production levels consistent with limiting warming to 1.5°C or 2°C. <http://production-gap.org/>
- Slater, T. – Lawrence, I. R. – Ootosaka, I. N. – Shepherd A. – Gourmelen, N. – Jakob, L. – Tepes, P. – Gilbert, L. – Nienow, P. 2021: Review article: Earth's ice imbalance. *The Cryosphere*, 15, 233–246, 2021 <https://doi.org/10.5194/tc-15-233-2021>
- Stanley, A. J. – Sieminski, A. – Ladislaw, S. 2017: China's Net Oil Import Problem. CSIS Newsletter
- Steffen, W. et al (2015): Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. *Science*. DOI: 10.1126/science.1259855
- Stern, N. 2006: The Economics of Climate Change.
- Sümeği P. – Jakab G. – Majkut P. – Töröcsik T. – Zatykó Cs. 2009: Middle Age paleoecological and paleoclimatological reconstruction in the Carpathian Basin. *Időjárás*. 4. 265–298.
- [https://www.researchgate.net/publication/258118736\\_Middle\\_Age\\_paleoecological\\_and\\_paleoclimatological\\_reconstruction\\_in\\_the\\_Carpathian\\_Basin](https://www.researchgate.net/publication/258118736_Middle_Age_paleoecological_and_paleoclimatological_reconstruction_in_the_Carpathian_Basin)
- Szabó, B. – Vincze, E. – Czúcz, B. 2016: Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. *International Journal of Biometeorology* 60, pp. 1347–1356. DOI: 10.1007/s00484-015-1128-1
- Szatzmári G. et al 2019: Spatio-temporal assessment of topsoil organic carbon stock change in Hungary. *Soil & Tillage Research*. 195. DOI: 10.1016/j.still.2019.104410 [https://www.researchgate.net/publication/335909991\\_Spatio-temporal\\_assessment\\_of\\_topsoil\\_organic\\_carbon\\_stock\\_change\\_in\\_Hungary](https://www.researchgate.net/publication/335909991_Spatio-temporal_assessment_of_topsoil_organic_carbon_stock_change_in_Hungary)
- Szerző nélkül 2013: The lower Mekong Dams factsheet text. *International Rivers*. <https://www.internationalrivers.org/resources/the-lower-mekong-dams-factsheet-text-7908>
- Taïbi, A.N. – El Hannani, M. – Ballouche, A. – Elghadi, A. 2014: Faire face à la sécheresse : exemple de zones humides des marges sud et nord du Sahara, In: Ballouche – Taïbi (eds.), *Eau, milieux et aménagement. Une recherche au service des territoires*. Presses Universitaires d'Angers, p. 247–264.
- UN 2017: *International Migration Report 2017*.
- UN DESA 2015: *World Urbanization Prospects*.
- UN DESAPD 2019: *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. <https://popu->

- lation.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf
- UNEP /Pengra, B. et al 2012: The Drying of Iran's Lake Urmia and its Environmental Consequences.
- UNEP 1999, 2002, 2007, 2012, 2016: Global Environment Outlook (GEO).
- UNEP 2006: Global deserts outlook.
- UNEP 2012: Measuring Progress: Environmental Goals & Gaps. Nairobi. [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8639/Measuring\\_Progress.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8639/Measuring_Progress.pdf?sequence=7&isAllowed=y)
- UNEP 2015: Waste Crime – Waste Risks: Gaps in Meeting the Global Waste Challenge
- UNEP 2017: Towards a pollution-free planet
- UNEP 2018: Legal Limits on Single-Use Plastics and Microplastics: A Global Review of National Laws and Regulations [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27113/plastics\\_limits.pdf](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27113/plastics_limits.pdf)
- UNEP 2019, 2020: Emissions Gap Report 2019, 2020. <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>
- UNEP and GRID-Arendal, 2016. Marine Litter Vital Graphics.
- UNWTO 2017, 2018: Annual report 2016, 2017.
- US EPA 2007: Acid Rain and Related programs.
- Vester, F. 1978: Unsere Welt, ein vernetztes System.
- Virág, B. (szerk.) 2019: Long Term Sustainable Econo-mix. Magyar Nemzeti Bank, Budapest
- Wackernagel, M. – Rees, W. 1996: Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth.
- Ward, B. – Dubos, R. 1972: Only one Earth. (Magyarul: Csak egyetlen Föld van. 1975)
- WCED 1987: Our Common Future (Brundtland Report).
- WEF 2019-2020: Global risk report. 94. [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Risk\\_Report\\_2020.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risk_Report_2020.pdf)
- WHO 2018: World malaria report. <https://www.who.int/publications-detail/world-malaria-report-2019>
- WTO 2016: Total merchandise trade.
- WTO 2017: World trade statistical review.
- WWF 2008, 2010, 2012, 2016, 2018, 2020: Living planet report 2008, 2010, 2012, 2016, 2018, 2020.
- Zhu, W. – Yan, J. – Jia, S. 2017: Monitoring Recent Fluctuations of the Southern Pool of Lake Chad Using Multiple Remote Sensing Data: Implications for Water Balance Analysis. Remote Sensing



## A kötet szerzői

Dr. Rakonczai János professor emeritus, az MTA doktora  
Szegedi Tudományegyetem, TTIK Geoinformatikai,  
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék  
Budapesti Corvinus Egyetem, Gazdaságföldrajz,  
Geoökonómia és Fenntartható Fejlődés Tanszék

Aladaileh, Haitham (Jordánia), PhD hallgató,  
Szegedi Tudományegyetem, TTIK Geoinformatikai,  
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

Dr. Blanka Viktória PhD, tudományos munkatárs  
Szegedi Tudományegyetem, TTIK Geoinformatikai,  
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

Dr. Fehér Zsolt PhD, egyetemi adjunktus  
Debreceni Egyetem MÉKK Víz és Környezetgazdálkodási Intézet

Dr. Kovács Ferenc PhD, egyetemi docens  
Szegedi Tudományegyetem, TTIK Geoinformatikai,  
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

Dr. Ladányi Zsuzsanna PhD, egyetemi adjunktus  
Szegedi Tudományegyetem, TTIK Geoinformatikai,  
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

Dr. Péti Márton PhD, egyetemi docens  
Budapesti Corvinus Egyetem, Gazdaságföldrajz,  
Geoökonómia és Fenntartható Fejlődés Tanszék

Dr. Salamin Géza PhD, egyetemi docens, intézetvezető  
Budapesti Corvinus Egyetem, Gazdaságföldrajz,  
Geoökonómia és Fenntartható Fejlődés Tanszék

Tran Quang Hop (Vietnám, Magyarország), PhD hallgató  
Szegedi Tudományegyetem, TTIK Geoinformatikai,  
Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék

# Elfogyasztott jövőnk?

## Globális környezeti és geopolitikai kihívásaink

Rakonczi János könyve áttekintést nyújt globális környezetünk jelenlegi helyzetéről, és a világ legkülönbözőbb tájairól származó példákat idézve mutatja be közös kihívásainkat. A mű összefoglalja a fejlődésünk jövőjéről alkotott globális modelleket, valamint a környezet és a fenntartható fejlődés kihívásait és azok kezelésére eddig javasolt világméretű politikai kezdeményezéseket, intézkedéseket is. Ez az átfogó munka a következő évtizedek rendkívül bizonytalan forgatókönyveire vonatkozó következtetésekkel zárul. A szerző döntően földrajzi megközelítést alkalmazott a globális kihívások és politikák bemutatása során, ágazati és tematikus dimenziókat szintetizálva, úgy globális, mint regionális szinten.

A könyv szerzője geográfus, az MTA doktora, a Szegedi Tudományegyetem emeritus professzora (DSc), a Budapesti Corvinus Egyetem vendégelőadója. Fő kutatási területei az ember környezetre gyakorolt hatásainak és a klímaváltozás hazánkban tapasztalható következményeinek értékelése. Több mint húsz éve oktat egyetemi tantárgyakat a globális környezeti problémákkal összefüggésben, számos könyv és tananyag szerzője.